



**Rui Miguel Cunha da Silva**

Licenciado em Ciências da Engenharia Civil

**Avaliação Acústica de Edifícios Habitacionais -  
Análise dos Coeficientes de Ponderação  
Associados aos Índices de Desempenho Acústico  
de Habitações.**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Professor Doutor Jorge Patrício, Investigador Principal  
com Agregação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Co-orientador: Professor Doutor Daniel Aelenei, Professor Auxiliar  
da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de  
Lisboa

Júri

Presidente: Prof. Doutor Fernando Manuel Anjos Henriques  
Arguente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Sónia Maria Monteiro da Silva  
Vogais: Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Paulina Faria Rodrigues  
Prof. Doutor Jorge Viçoso Patrício



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março 2014



*“Copyright “ Rui Miguel Cunha da Silva, FCT/UNL e UNL*

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

Ao meu orientador, Professor Doutor Jorge Patrício, pela oportunidade concedida, por acreditar na minha capacidade de desenvolver este trabalho, pelo conhecimento compartilhado e paciência no seu desenvolvimento.

Ao co-orientador Professor Doutor Daniel Aelenei, por me ter iniciado nesta jornada e por toda a sua disponibilidade e auxílio durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Ayana Mateus e Francisco Ferreira pela disponibilidade e conhecimento partilhado.

À N.C.L., pelo auxílio financeiro que me permitiu dedicação exclusiva à pesquisa.

Aos meus amigos, André Valério, Inês Teixeira, Filipe Inácio, João Brito, João Matos, Raul Alves, Tiago Patrício, Thiago Gomes e Vítor Lopes e aos demais colegas, que de uma forma ou de outra me auxiliaram nesta jornada

À minha namorada Daniela Merino pela compreensão e companheirismo.

À minha família pelo incentivo e apoio que me permite conquistar os meus objetivos.



«O silêncio é o elemento no qual se formam as grandes coisas»

Maurice Maeterlinck





## Resumo

A necessidade de um adequado conforto acústico em edifícios tem vindo a aumentar como resposta a uma maior exigência neste campo, por parte da população. Essa procura de qualidade acústica nas habitações tem resultado no desenvolvimento de sistemas de avaliação e de classificação acústica em muitos países.

Em Portugal, foi criado recentemente um método de avaliação e classificação acústica para edifícios residenciais. Este sistema, editado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, considera três níveis de avaliação: ambiente envolvente do edifício, o edifício em si (acessos comuns) e a habitação.

No que diz respeito à avaliação da habitação, e de acordo com o regulamento dos requisitos acústicos de edifícios (RRAE), são considerados oito descritores acústicos aos quais é atribuída uma pontuação de acordo com o seu valor. Estes descritores são ponderados por coeficientes específicos, a fim de estabelecer uma influência diferencial de cada parâmetro na pontuação final de avaliação da habitação.

Esta dissertação converge numa análise detalhada desses coeficientes, tendo como objetivo a obtenção de valores que devem refletir a atitude das pessoas face aos diversos tipos de sons (vizinhos; externas; equipamentos) a que estão expostas, e como tal, que descritores devem ter mais ou menos influência no conforto acústico do alojamento. A magnitude destes coeficientes foi estudada e obtida por meio de um inquérito social, realizado com recurso a uma ferramenta de preenchimento *online*.

Com base nos resultados obtidos, foi possível definir um conjunto de valores adequados para esses coeficientes, e, assim, compará-los com os estabelecidos no sistema de avaliação acústica de edifícios residenciais existente em Portugal.

**Palavras-chave: Classificação Acústica, Ruído, Habitações, Inquéritos.**



## **Abstract**

Acoustic comfort in buildings has been increasing as a response to greater demand in this area by the population. This demand has resulted in the development of acoustic evaluation and classification schemes in many countries.

In Portugal, it was recently created an acoustic evaluation and classification scheme for residential buildings. This scheme, edited by the National Laboratory for Civil Engineering (LNEC), takes into account three levels of evaluation: the building's environment, the building itself (common accesses) and the dwelling.

As the dwelling's evaluation concerns, and in accordance with Portuguese Buildings Acoustics Code, it is considered eight descriptors for the purposes, to which a score is given according to their value. These descriptors are weighted by specific coefficients in order to establish a differential influence of each descriptor in the dwelling's final evaluation score.

This dissertation focus on a detailed analysis of these coefficients, and its goal is to obtain the values that are supposed to reflect the population complains related to the various types of sounds (neighboring; external; equipment) they are exposed to, and so that on which descriptors have more or less influence in the acoustic comfort provided by the dwelling. The magnitude of these coefficients was studied and obtained through a social survey, conducted using a fill tool online.

Based on the obtained results, it was possible to define a set of adequate values for these coefficients, and thus compare them with the ones established on the acoustic evaluation scheme for residential buildings existing in Portugal.

**Keywords: Acoustic's Classification, Noise, Dwellings, Survey.**



# Índice geral

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Introdução .....  | 1  |
| 1.1   | Enquadramento .....   | 1  |
| 1.2   | Objetivos.....  | 3  |
| 1.3   | Organização .....   | 4  |
| 2     | Estado do conhecimento.....   | 7  |
| 2.1   | Introdução.....   | 7  |
| 2.2   | Conceitos gerais .....  | 7  |
| 2.2.1 | Acústica .....  | 7  |
| 2.2.2 | Psicoacústica.....  | 12 |
| 2.3   | Acústica nos edifícios .....  | 14 |
| 2.3.1 | Isolamento a sons aéreos .....  | 15 |
| 2.3.2 | Isolamento a sons de percussão.....                                     | 17 |
| 2.3.3 | Nível de avaliação do ruído de equipamentos .....                       | 18 |
| 3     | Enquadramento legal .....   | 19 |
| 3.1   | Introdução.....   | 19 |
| 3.2   | Regulamento geral do ruído .....  | 19 |
| 3.3   | Regulamento dos requisitos acústicos de edifícios.....                  | 20 |
| 3.3.1 | Índices de isolamento a sons de propagação aérea.....                   | 20 |
| 3.3.2 | Índices de isolamento a sons de percussão .....                         | 21 |
| 3.3.3 | Nível de avaliação de ruído de equipamentos .....                       | 22 |
| 4     | Métodos de classificação acústica de edifícios habitacionais .....      | 23 |
| 4.1   | Síntese dos métodos existentes no contexto europeu .....                | 23 |
| 4.2   | Método LNEC para classificação acústica de edifícios habitacionais..... | 26 |
| 4.2.1 | Introdução.....   | 26 |
| 4.2.2 | Descrição do método.....  | 26 |
| 4.2.3 | Vizinhança .....  | 27 |
| 4.2.4 | Edifício .....  | 29 |
| 4.2.5 | Habitação.....  | 30 |
| 4.2.6 | Coeficientes de ponderação .....  | 33 |
| 5     | Elaboração do inquérito .....   | 35 |

|       |                                       |    |
|-------|---------------------------------------|----|
| 5.1   | Introdução .....                      | 35 |
| 5.2   | Planeamento.....                      | 35 |
| 5.2.1 | Processo construtivo .....            | 35 |
| 5.2.2 | Objetivo.....                         | 36 |
| 5.2.3 | Público-alvo .....                    | 36 |
| 5.2.4 | Conceção das questões .....           | 37 |
| 5.3   | Inquérito-piloto.....                 | 38 |
| 5.3.1 | Planeamento.....                      | 38 |
| 5.3.2 | Aplicação .....                       | 39 |
| 5.3.3 | Método de Validação de Respostas..... | 39 |
| 5.4   | Inquérito-final.....                  | 40 |
| 6     | Tratamento e análise de dados.....    | 43 |
| 6.1   | Introdução.....                       | 43 |
| 6.2   | Descrição da amostra.....             | 43 |
| 6.2.1 | Introdução.....                       | 43 |
| 6.2.2 | Sensibilidade ao ruído .....          | 43 |
| 6.2.3 | Distribuição geográfica .....         | 44 |
| 6.2.4 | Zona rural/urbana .....               | 45 |
| 6.2.5 | Tipo de habitações .....              | 45 |
| 6.2.6 | Número de residentes .....            | 46 |
| 6.2.7 | Idade da habitação .....              | 46 |
| 6.2.8 | Anos de residência .....              | 47 |
| 6.2.9 | Proximidade de via de tráfego.....    | 47 |
| 6.3   | Análise dos resultados .....          | 48 |
| 6.3.1 | Considerações gerais.....             | 48 |
| 6.3.2 | Fachada ( $\alpha_1$ ) .....          | 48 |
| 6.3.3 | Vizinhos ( $\alpha_2$ ) .....         | 51 |
| 6.3.4 | Áreas comuns ( $\alpha_3$ ).....      | 53 |
| 6.3.5 | Áreas comerciais ( $\alpha_4$ ) ..... | 54 |
| 6.3.6 | Vizinhos ( $\alpha_5$ ) .....         | 56 |
| 6.3.7 | Áreas comerciais ( $\alpha_6$ ) ..... | 57 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.3.8 | Equipamentos ( $\alpha_7$ ) .....  | 58  |
| 6.3.9 | Interior da habitação ( $\alpha_8$ ) .....                                     | 59  |
| 6.4   | Síntese dos resultados .....   | 61  |
| 7     | Caso de estudo: Quinta da Parreirinha .....                                    | 63  |
| 7.1   | Descrição da urbanização .....   | 63  |
| 7.2   | Inquérito .....  | 65  |
| 7.3   | Descrição da amostra populacional .....  | 66  |
| 7.4   | Resultados .....   | 67  |
| 7.4.1 | Fachada ( $\alpha_1$ ) .....   | 67  |
| 7.4.2 | Vizinhos ( $\alpha_2$ ) .....  | 68  |
| 7.4.3 | Áreas comuns ( $\alpha_3$ ) .....  | 69  |
| 7.4.4 | Áreas comerciais ( $\alpha_4$ ) .....  | 70  |
| 7.4.5 | Vizinhos ( $\alpha_5$ ) .....  | 71  |
| 7.4.6 | Equipamentos ( $\alpha_7$ ) .....  | 72  |
| 7.4.7 | Interior da habitação ( $\alpha_8$ ) .....                                     | 72  |
| 7.5   | Síntese e comparação dos resultados .....                                      | 73  |
| 8     | Análise de sensibilidade dos coeficientes .....                                | 75  |
| 9     | Conclusões e desenvolvimentos futuros .....                                    | 87  |
| 9.1   | Síntese conclusiva .....   | 87  |
| 9.2   | Conclusões .....   | 87  |
| 9.3   | Desenvolvimentos futuros .....   | 88  |
|       | Bibliografia .....   | 89  |
|       | Anexos .....   | 91  |
|       | Anexo 1A– Inquérito social .....   | 93  |
|       | Anexo 1B– Inquérito social personalizado .....                                 | 99  |
|       | Anexo 2 – Tabela de influência dos coeficientes associados a ruído aéreo ..... | 103 |
|       | Anexo 3 A–Soluções construtivas (fachada e separação de fogos) .....           | 105 |
|       | Anexo 3 B–Soluções construtivas (compartimentação e parede de elevador) .....  | 107 |
|       | Anexo 3 C–Soluções construtivas (pavimento) .....                              | 109 |





## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1 - Casos de duas ondas com a mesma amplitude e frequências diferentes .....   | 8  |
| Figura 2.2– Variação da pressão num ponto em relação à pressão atmosférica ( $10^5$ Pa).....  | 9  |
| Figura 2.3 – Evolução da ponderação da malha A, adaptado de (12) .....  | 12 |
| Figura 2.4 - Evolução da perda de audição devido à idade, adaptado de (4), .....  | 13 |
| Figura 2.5 – Caminhos de transmissão de ruído aéreo entre compartimentos (8).....   | 15 |
| Figura 2.6 – Propagação de sons aéreos e de sons de percussão nos edifícios, (8) .....  | 17 |
| Figura 2.7 - Caminhos de transmissão de ruído de percussão entre compartimentos .....   | 17 |
| Figura 4.1 - Pontuação em função da classificação da zona, de dia ou de noite e valor dos níveis<br>sonoros ambientes medidos (situação A), adaptado de (22)..... | 28 |
| Figura 4.2 - Pontuação em função da classificação da zona, de dia ou de noite e valor dos níveis<br>sonoros ambientes medidos (situação B), adaptado de (22)..... | 28 |
| Figura 4.3 - Exemplo de ábaco para atribuição de pontos (sons aéreos) .....   | 30 |
| Figura 4.4 - Exemplo de ábaco para atribuição de pontos (sons de percussão).....  | 31 |
| Figura 4.5 – Ábaco de atribuição de pontos para o índice 8 (interior da habitação) .....  | 31 |
| Figura 5.1 – Eficiência do inquérito piloto .....   | 40 |
| Figura 6.1 – Distribuição das respostas quanto ao grau de sensibilidade ao ruído .....  | 44 |
| Figura 6.2 – Comparação entre distribuição geográfica das respostas, da cobertura de internet e da<br>densidade populacional.....                                 | 44 |
| Figura 6.3 – Distribuição das respostas quanto ao tipo de zona rural ou urbana.....   | 45 |
| Figura 6.4 – Distribuição das respostas quanto ao tipo de habitação .....   | 45 |
| Figura 6.5 – Distribuição das respostas segundo o número de residentes da habitação .....   | 46 |
| Figura 6.6 – Distribuição das respostas segundo a idade da habitação .....  | 46 |
| Figura 6.7 – Distribuição das respostas de acordo com o tempo de residência na habitação.....   | 47 |
| Figura 6.8 – Distribuição das respostas quanto à proximidade de via de tráfego .....  | 47 |
| Figura 6.9 – Distribuição das respostas para a incomodidade ao ruído aéreo do exterior ( $\alpha_1$ ).....  | 49 |
| Figura 6.10 - Distribuição das respostas segundo a importância do isolamento ao ruído aéreo<br>proveniente do exterior ( $\alpha_1$ ) .....                       | 50 |
| Figura 6.11 – Influência da via de tráfego na incomodidade média devida ao ruído exterior .....   | 50 |
| Figura 6.12 – Influência do tempo de residência na incomodidade média devida ao ruído exterior....  | 51 |
| Figura 6.13 - Distribuição das respostas segundo a incomodidade ao ruído aéreo entre fogos ( $\alpha_2$ )...  | 52 |
| Figura 6.14 - Distribuição segundo a importância do isolamento ao ruído aéreo entre fogos ( $\alpha_2$ ).....   | 52 |
| Figura 6.15 - Distribuição das respostas segundo a incomodidade ao ruído aéreo entre áreas comuns<br>e fogos ( $\alpha_3$ ) .....                                 | 53 |
| Figura 6.16 - Distribuição segundo a importância do isolamento ao ruído aéreo entre áreas comuns e<br>fogos ( $\alpha_3$ ) .....                                  | 54 |
| Figura 6.17 – Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído aéreo entre áreas<br>comerciais e fogos ( $\alpha_4$ ).....                           | 55 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 6.18 - Distribuição em relação à importância do isolamento ao ruído aéreo entre áreas comerciais e fogos ( $\alpha_4$ ) .....                                   | 55 |
| Figura 6.19 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído de percussão entre fogos ( $\alpha_5$ ) .....  | 56 |
| Figura 6.20 - Distribuição das respostas em relação à importância do isolamento ao ruído de percussão entre fogos ( $\alpha_5$ ) .....                                 | 57 |
| Figura 6.21 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído de equipamentos coletivos ( $\alpha_7$ ) .....   | 58 |
| Figura 6.22 - Distribuição das respostas em relação à importância do isolamento ao ruído de equipamentos coletivos ( $\alpha_7$ ) .....                                | 59 |
| Figura 6.23 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído isolamento entre sala e quartos do interior da habitação ( $\alpha_8$ ) .....              | 60 |
| Figura 6.24 - Distribuição das respostas em relação à importância do isolamento ao ruído isolamento entre sala e quartos do interior da habitação ( $\alpha_8$ ) ..... | 60 |
| Figura 6.25 – Influência do número de residentes na incomodidade média relativa ao ruído entre zonas de estar e quartos do mesmo fogo .....                            | 61 |
| Figura 6.26 – Comparação dos valores dos coeficientes de ponderação .....  | 62 |
| Figura 7.1 – Localização da urbanização.....   | 63 |
| Figura 7.2 – Edifício habitacional da Quinta da Parreirinha.....   | 64 |
| Figura 7.3 - Mapa de ruído da urbanização $L_{den}$ , retirado de (29) .....   | 64 |
| Figura 7.4 - Mapa de ruído da urbanização $L_n$ , retirado de (29) .....   | 65 |
| Figura 7.5 – Distribuição das respostas quanto ao grau de sensibilidade ao ruído .....   | 66 |
| Figura 7.6 – Faixa etária da amostra populacional .....  | 66 |
| Figura 7.7 – Composição da amostra populacional pelo número de residentes .....  | 67 |
| Figura 7.8 – Indicação dos ruídos mais incomodativos .....   | 67 |
| Figura 7.9 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído proveniente do exterior ( $\alpha_1$ ) .....  | 68 |
| Figura 7.10 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído aéreo proveniente de habitações vizinhas ( $\alpha_2$ ) .....                              | 68 |
| Figura 7.11 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído proveniente de áreas comuns ( $\alpha_3$ ) .....   | 69 |
| Figura 7.12 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído proveniente de áreas comerciais ( $\alpha_4$ ).....  | 70 |
| Figura 7.13 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído de percussão proveniente de habitações vizinhas ( $\alpha_5$ ) .....                       | 71 |
| Figura 7.14 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído proveniente dos equipamentos coletivos do edifício ( $\alpha_7$ ).....                     | 72 |
| Figura 7.15 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído entre sala e quartos do interior da habitação ( $\alpha_8$ ) .....                         | 73 |
| Figura 7.16 – Comparação dos valores obtidos com os valores estimados via <i>internet</i> .....  | 74 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 8.1 – Valores mínimos da pontuação atribuída a um parâmetro, para um dado valor do coeficiente de ponderação, em função da sua influência na classificação da habitação ..... | 75 |
| Figura 8.2 – Valores mínimos do coeficiente de ponderação em função da sua influência na classificação da habitação.....   | 77 |
| Figura 8.3 – Ábaco de pontuação para o índice $D_{2m,nT,w}$ , (22) .....   | 78 |
| Figura 8.4 – Ábaco de pontuação para o índice $D_{nT,w}$ (vizinhos) , (22) .....   | 79 |
| Figura 8.5 – Ábaco de pontuação para o índice $D_{nT,w}$ (áreas comuns) , (22) .....   | 80 |
| Figura 8.6 – Ábaco de pontuação para o índice $D_{nT,w}$ (áreas comerciais) , (22).....  | 81 |
| Figura 8.7 – Ábaco de pontuação para o índice $L'_{nT,w}$ (vizinhos) , (22).....   | 82 |
| Figura 8.8 – Ábaco de pontuação para o índice $L'_{nT,w}$ (áreas comerciais) , (22) .....  | 83 |
| Figura 8.9 – Ábaco de pontuação para o índice $D_{nT,w}$ (equipamentos) , (22) .....   | 84 |
| Figura 8.10 – Ábaco de pontuação para o índice $D_{nT,w}$ (interior da habitação) , (22) .....   | 85 |



## Índice de quadros

|  |    |
|--|----|
| Quadro 2.1 – Correções relativas à malha A, adaptado de (8).....   | 11 |
| Quadro 2.2 – Termo de adaptação em função do tipo de fonte sonora .....  | 16 |
| Quadro 3.1 – Valor limite para os indicadores $L_{den}$ e $L_n$ em função do tipo de zona .....  | 20 |
| Quadro 4.1 – Sistemas europeus de classificação acústica de edifícios habitacionais (21) .....   | 23 |
| Quadro 4.2 - Isolamento sonoro a sons aéreos entre habitações. Critérios dos sistemas europeus de classificação acústica. adaptado de (21) .....       | 24 |
| Quadro 4.3 - Isolamento sonoro a sons de percussão entre habitações. Critérios dos sistemas europeus de classificação acústica. adaptado de (21) ..... | 25 |
| Quadro 4.4 – Classificação dos níveis de avaliação acústica .....  | 26 |
| Quadro 4.5 – Classificação dos índices de avaliação acústica .....   | 27 |
| Quadro 4.6 – Pontuação dos pressupostos considerados na vizinhança (22).....   | 27 |
| Quadro 4.7 - Pontuação dos pressupostos considerados no edifício (22) .....  | 29 |
| Quadro 4.8 – Exemplo de aplicação da média energética .....  | 32 |
| Quadro 4.9 – Parâmetros e coeficientes associados, considerados no método LNEC (22) .....  | 32 |
| Quadro 4.10 – Exemplo do impacto dos coeficientes de ponderação.....   | 33 |
| Quadro 6.1 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_1$ .....   | 48 |
| Quadro 6.2 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....   | 49 |
| Quadro 6.3 – Distribuição das respostas relativas ao isolamento para $\alpha_1$ .....  | 49 |
| Quadro 6.4 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....   | 50 |
| Quadro 6.5 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_2$ .....   | 51 |
| Quadro 6.6 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....   | 52 |
| Quadro 6.7– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para $\alpha_2$ .....   | 52 |
| Quadro 6.8 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....   | 53 |
| Quadro 6.9 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_3$ .....   | 53 |
| Quadro 6.10 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....  | 53 |
| Quadro 6.11– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para $\alpha_3$ .....  | 54 |
| Quadro 6.12 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....  | 54 |
| Quadro 6.13– Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_4$ .....   | 54 |
| Quadro 6.14 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....  | 55 |
| Quadro 6.15 – Distribuição das respostas relativas ao isolamento para $\alpha_4$ .....   | 55 |
| Quadro 6.16 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....  | 56 |
| Quadro 6.17– Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_5$ .....   | 56 |
| Quadro 6.18 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....  | 56 |
| Quadro 6.19– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para $\alpha_5$ .....  | 57 |
| Quadro 6.20 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....  | 57 |
| Quadro 6.21– Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_7$ .....   | 58 |
| Quadro 6.22 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....  | 58 |
| Quadro 6.23– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para $\alpha_7$ .....  | 58 |

|   |    |
|---|----|
| Quadro 6.24 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                           | 59 |
| Quadro 6.25– Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_8$ .....  | 59 |
| Quadro 6.26 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                           | 60 |
| Quadro 6.27– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para $\alpha_8$ .....   | 60 |
| Quadro 6.28 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                           | 61 |
| Quadro 6.29 – Valores médios, intervalos de confiança e peso relativo (%) .....         | 61 |
| Quadro 7.1 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_1$ .....  | 68 |
| Quadro 7.2 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                            | 68 |
| Quadro 7.3 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_2$ .....  | 69 |
| Quadro 7.4 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                            | 69 |
| Quadro 7.5 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_3$ .....  | 69 |
| Quadro 7.6 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                            | 70 |
| Quadro 7.7 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_4$ .....  | 70 |
| Quadro 7.8 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                            | 71 |
| Quadro 7.9 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_5$ .....  | 71 |
| Quadro 7.10 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                           | 71 |
| Quadro 7.11 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_7$ ..... | 72 |
| Quadro 7.12 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                           | 72 |
| Quadro 7.13 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para $\alpha_8$ ..... | 73 |
| Quadro 7.14 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%.....                           | 73 |
| Quadro 7.15 – Valores médios, intervalos de confiança e peso relativo (%) .....         | 73 |
| Quadro 8.1 - Exemplo para $\alpha_1$ (aplicável a qualquer dos coeficientes) .....      | 75 |
| Quadro 8.2 – Exemplo 1 .....  | 76 |
| Quadro 8.3 – Coeficiente de ponderação $\alpha_1$ .....                                 | 78 |
| Quadro 8.4 – Influência de $\alpha_1$ na C.F. ....                                      | 78 |
| Quadro 8.5 – Coeficiente de ponderação $\alpha_2$ .....                                 | 79 |
| Quadro 8.6 – Influência de $\alpha_2$ na C.F. ....                                      | 79 |
| Quadro 8.7 – Coeficiente de ponderação $\alpha_3$ .....                                 | 80 |
| Quadro 8.8 – Influência de $\alpha_3$ na C.F. ....                                      | 80 |
| Quadro 8.9 – Coeficiente de ponderação $\alpha_4$ .....                                 | 81 |
| Quadro 8.10 – Influência de $\alpha_4$ na C.F. ....                                     | 81 |
| Quadro 8.11 – Coeficiente de ponderação $\alpha_5$ .....                                | 82 |
| Quadro 8.12 – Influência de $\alpha_5$ na C.F. ....                                     | 82 |
| Quadro 8.13 – Coeficiente de ponderação $\alpha_6$ .....                                | 83 |
| Quadro 8.14– Influência de $\alpha_6$ na C.F. ....                                      | 83 |
| Quadro 8.15 – Coeficiente de ponderação $\alpha_7$ .....                                | 84 |
| Quadro 8.16 – Influência de $\alpha_7$ na C.F. ....                                     | 84 |
| Quadro 8.17 – Coeficiente de ponderação $\alpha_8$ .....                                | 85 |
| Quadro 8.18 – Influência de $\alpha_8$ na C.F. ....                                     | 85 |

## Lista de Símbolos

$c$  - Velocidade do som [m/s]

$C_i$  - Coeficientes de correção relativos à malha de ponderação (A)

$D_{2m,nT,w}$  - Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar dos fogos [dB]

$D_i$  - Isolamento sonoro de condução aérea da solução construtiva  $i$  [dB]

$D_{nT,w}$  - Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado [dB]

$I_{final}$  - Índice médio final [dB]

$K$  - Coeficiente de correção devida às características tonais do ruído

$k$  - Número de soluções construtivas consideradas.

$L'_{nT,w}$  - Índice de isolamento sonoro a sons de percussão, padronizado [dB]

$L_1$  - Nível médio de pressão sonora no compartimento emissor [dB]

$L_2$  - Nível médio de pressão sonora no compartimento recetor [dB]

$L_A$  - Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado [dB(A)]

$L_d$  - Indicador de ruído diurno [dB(A)]

$L_{den}$  - Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno [dB(A)]

$L_e$  - Indicador de ruído entardecer [dB(A)]

$L_{eq}$  - Nível sonoro contínuo equivalente [dB(A)]

$L_i$  - Campo sonoro no espaço  $i$  [dB]

$L_n$  - Indicador de ruído noturno [dB(A)]

$L_{pi}$  - Nível de pressão sonora em cada uma das bandas de frequência  $i$  consideradas [dB(A)]

$P$  - Pressão [Pa]

$P_0$  - Pressão atmosférica [Pa]

$P_{ef}$  - Valor da pressão eficaz entre dois instantes [Pa]

$T$  - Período [s]

$T_0$  - Tempo de reverberação de referência (0,5 segundos)

$T_r$  - Tempo de reverberação [s]

$V$  - Volume [m<sup>3</sup>]

$\lambda$  - Comprimento de onda [m]

$\sigma$  - Desvio padrão





## **Lista de Acrónimos e Abreviaturas**

C.F. - Classificação Final  
CEN - Comissão de Normalização Europeia  
DS - Danish Standards (Normas da Dinamarca)  
EN - Norma Europeia  
GIT - Grande Infraestrutura de Tráfego  
IC - Intervalo de Confiança  
IPQ - Instituto Português da Qualidade  
ISO - International Organization for Standardization  
IST - Iceland Standards (Normas da Islândia)  
LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
NAA - Nível de Avaliação Acústica  
NEN - Nederlandse Eenheid Normen (Normas Holandesas)  
NP - Norma Portuguesa  
NS - Norway Standards (Normas da Noruega)  
ÖNORM - Normas Austríacas  
RGR - Regulamento Geral do Ruído  
RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios  
SFS - Suomen Finland Standardisoimislutto (Normas da Finlândia)  
SS - Sweden Standards (Normas Suecas)  
STR - Technical Regulations Standards (Normas da Lituânia)  
UNI - ente Nazionale Italiano di Unificazione (Normas Italianas)  
VDI - Verein Deutscher Ingenieure (Associação dos Engenheiros Alemães)



# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

O nascimento da acústica, enquanto ciência que estuda o som, não tem uma data associada, existem no entanto arquivos, que nos datam e localizam trabalhos relativos ao som, a partir da Grécia antiga. Aristóteles é apontado como um dos primeiros a tentar explicar o som como o resultado do movimento do ar, movimento este produzido pela fonte sonora.

Pitágoras e seus discípulos (550 a.C.) são dos primeiros, de que há registo, a reparar que quando dois alaúdes monocórdios eram tocados em simultâneo, existia uma consonância muito especial, no som produzido, se a relação entre o comprimento das suas cordas fosse 2:1. Dá-se então início à matematização do som (1).

O maior testemunho do conhecimento dos Gregos sobre acústica reflete-se nos seus anfiteatros, alguns ainda utilizados hoje em dia. A boa qualidade acústica dos anfiteatros gregos, é resultado da verificação de três aspetos fundamentais: uma boa linha de vista para o palco; o uso de uma parede refletora na zona posterior do palco e ruído ambiente diminuto. Estes saberes foram também seguidos pelos Romanos na construção dos seus teatros (2).

Existem registos datados de cerca de 600 a.C., de algumas cidades italianas onde eram separadas as zonas de trabalho, onde predominava ruído incomodativo, das zonas de repouso. Mais tarde, Júlio César (100-44 a.C.) proíbe a circulação das bigas, em certas zonas de Roma, durante certas horas do dia, especialmente à noite.

O conceito de altura do som e a sua utilização na composição musical, existe há mais de 2500 anos, mas só com Marin Mersenne em 1636, e, independentemente, com Galileo Galilei em 1638, se associou definitivamente a altura do som à frequência de vibração (1).

Depois de encontrada a relação entre a altura do som e a frequência de vibração, a comunidade científica começa a interessar-se pela determinação das frequências limites da audição humana, mas só em 1830, Felix Savart, estabelece o valor de 8 Hz para a frequência mínima audível e 24000 Hz para a frequência máxima. Tais valores limites são subjetivos, considerando-se em média, atualmente, 20Hz e 20000 Hz (1).

Em 1678, Christian Huygens, torna-se um dos principais proponentes do modelo ondulatório da luz e enuncia um importante princípio que ficou conhecido por Princípio de Huygens que pode ser estendido às ondas sonoras, e foi deduzido, de forma mais rigorosa, por Poisson, em 1818. O modelo ondulatório da luz só começou a ser aceite pela comunidade científica em geral, a partir de 1801, quando Thomas Young, introduz o conceito de Interferência Ondulatória (3).

As primeiras teorias matemáticas da acústica incidem na frequência de vibração das cordas tensas, sendo Brook Taylor – o criador das famosas séries com o seu nome – o primeiro a deduzir uma expressão analítica, para determinação da frequência de vibração das cordas tensas, em função do seu comprimento, tensão e densidade linear, a qual concordava com as leis experimentais de Mersenne e Galileo. O trabalho de Taylor foi publicado em 1713, tendo sido posteriormente aperfeiçoado e generalizado, mediante a introdução de derivadas parciais, por Daniel Bernoulli, Leonard Euler e Jean le Rond d'Alembert (1).

Entretanto, Sauveur, por volta de 1700, observa que uma corda tensa pode vibrar de tal forma que certos pontos da corda não oscilem, os quais denominou por nós. Facilmente reconheceu que esse tipo de vibração se devia à ocorrência de frequências superiores à frequência de vibração da corda como um todo, a qual denominou por Frequência Fundamental. Sauveur denominou o conjunto de todas essas frequências por Harmônicos, correspondendo o 1º harmônico à frequência fundamental (4).

Em 1755, Daniel Bernoulli demonstra teoricamente que é possível a uma corda tensa vibrar de tal forma que estejam presentes, simultaneamente, vários harmônicos, sendo o deslocamento, de um dado ponto da corda, igual ao resultado da soma algébrica dos deslocamentos correspondentes a cada harmônico. Tal formulação ficou conhecida por Princípio da Sobreposição. Em 1787, Chladni coloca areia em cima de uma placa em vibração, para verificação da localização dos nós, obtendo figuras muito bonitas, conhecidas por Figuras de Chladni. Em 1822, Jean Baptiste Fourier demonstrou, inspirado no princípio da sobreposição de Bernoulli, que qualquer vibração periódica pode ser decomposta numa soma de senos e cossenos (série de Fourier).

Depois de deduzidas algumas das equações de propagação do som, a comunidade científica começou a tentar perceber como o sistema auditivo humano “analisa” as vibrações. Em 1843, Georg Simon Ohm estabelece que a sensação de altura, de sons musicais, é proporcional à frequência fundamental do som, e o timbre a diferentes combinações da intensidade dos harmônicos, e inicia o ramo da Psicoacústica.

Em 1860, Gustav Theodor Fechner, baseado em trabalhos anteriores de Ernst H. Weber estabelece o seguinte: *Enquanto o estímulo é aumentado multiplicativamente a sensação é aumentada aditivamente*. (5). Tal lei ficou conhecida por lei de Fechner-Weber. Ainda que se saiba, atualmente, que não é exata nem universal, tal lei é um pilar da Psicofísica.

Dois anos depois (1862), Helmholtz publica *On the Sensations of Tone*, onde dá suporte à lei de Ohm, considerando que o ouvido humano possui vários ressoadores, sintonizados para diferentes frequências, efetuando assim uma análise espectral (6).

No séc. XX consagrou-se a acústica de espaços fechados (Acústica de Edifícios). Ainda que este tema remonte à Grécia e à Roma antiga, pode considerar-se que o advento moderno começou em 1898, quando Wallace Clement Sabine, publicou *Architectural Acoustic*, onde é explicitada a idealização de que numa sala reverberante a média da energia sonora por unidade de volume é constante, o que permite deduzir uma expressão analítica para obtenção do tempo de reverberação.

Em 1923, Harvey Fletcher, possivelmente inspirado no trabalho de Fechner, introduz o conceito de Unidade de Sensação Auditiva: um incremento de 0.1 no logaritmo, de base 10, do valor médio do quadrado da pressão sonora, corresponde a um aumento de uma unidade de sensação.

Em 1924 *The International Advisory Committee on Long Distance Telephony* propõe o termo bel, em honra a Alexander Graham Bell, o inventor do telefone, para a unidade de sensação de Fletcher. Passado pouco tempo, o décimo do bel (decibel, dB), é de utilização generalizada

Desde a queda do Império Romano até à invenção do motor de combustão interna, o ser humano deixou, aparentemente, de se preocupar com os efeitos nocivos do ruído. Só em 1929 se dá

início à fiscalização do ruído emitido por veículos automóveis: a Inglaterra delega nos policiais a verificação, subjetiva, da emissão sonora excessiva.

Só em 1970 a Comunidade Europeia publica uma Diretiva sobre limitações objetivas da emissão sonora dos veículos automóveis.

Atualmente, programas informáticos, bastante elaborados, fornecem ao projetista uma forma rápida e eficaz de considerar um elevado número de parâmetros objetivos, entretanto desenvolvidos, que deverão ser ajustados, em função do tipo de recinto, para obtenção da adequada qualidade acústica, mediante alteração da arquitetura da sala e/ou dos materiais construtivos.

Evidencia-se, em particular nas últimas décadas, a importância que as condições de conforto acústico da habitação têm ganho, acompanhando um maior conhecimento nesta área tanto a nível dos efeitos do ruído na saúde dos ocupantes como a nível das soluções construtivas com propriedades de isolamento acústico. Associada a esta evolução está a devida regulamentação na qual são estabelecidos os parâmetros mínimos de desempenho acústico a serem cumpridos, com o objetivo de proporcionar um certo nível de conforto do ocupante da habitação. Em Portugal os documentos regulamentares que desempenham essa função são o Regulamento Geral do Ruído (RGR) e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE).

Para os especialistas de acústica a questão ultrapassa o simples verificar da regulamentação, passa por fornecer informação sobre a qualidade acústica das casas e de transmitir esta informação sem forçar as pessoas a perceberem os conceitos mais complexos de decibel ou dos índices de isolamento acústico. É neste contexto, que surgem, em vários países europeus, métodos de classificação acústica de edifícios. A diversidade de métodos de classificação na Europa torna-se um obstáculo à troca de informação entre países. Visando uma melhor coordenação entre países europeus surge, em 2009, a COST TU0901 (7), uma iniciativa cujo objetivo é preparar propostas para a harmonização dos descritores para o isolamento a sons aéreos e de percussão e um sistema europeu de classificação acústica para edifícios habitacionais.

É enquadrado nesta conjuntura, que é criado o método LNEC para avaliação e classificação de edifícios habitacionais, que será analisado neste trabalho, em particular na sua vertente mais subjetiva relacionada com a habitação e seus ocupantes, vertente essa que é traduzida pelos coeficientes de ponderação dos índices que definem o desempenho acústico das habitações.

## **1.2 Objetivos**

Neste trabalho pretende-se estimar e analisar os coeficientes de ponderação dos índices associados ao desempenho acústico de habitações e que estão contemplados no método LNEC para avaliação e classificação da qualidade acústica de edifícios habitacionais.

Para concretizar o objetivo proposto, após a realização de uma revisão bibliográfica sobre o ruído e isolamento acústico de edifícios, assim como dos recursos utilizados para estimar o seu efeito nas populações, foi elaborado um inquérito social, distribuído com auxílio a uma ferramenta *online*, para recolher informação relativamente à distinção de incomodidade atribuída a cada um dos ruídos referenciados pelos índices de desempenho acústico de habitações.

### 1.3 Organização

A dissertação encontra-se estruturada em nove capítulos, a respetiva bibliografia e anexos que complementam o estudo apresentado.

No capítulo inicial, “Introdução”, tem-se três subcapítulos, “Enquadramento”, onde é abordado o contexto histórico da acústica até a situação atual, “Objetivos”, em que é estabelecido o que se espera alcançar na realização deste trabalho, e, “Organização”, subcapítulo com a função de expor a estrutura seguida no trabalho.

No segundo capítulo, “Estado do conhecimento”, é elaborado um resumo dos conceitos gerais de acústica e de psicoacústica no qual se aborda as definições de som e de ruído, a forma como o som se propaga, as suas propriedades, os valores usados na sua caracterização e como afeta as populações. Ainda neste capítulo é considerado um subcapítulo para expor a aplicação da acústica nos edifícios, sendo apresentados os conceitos de isolamento sonoro a sons aéreos, isolamento sonoro a sons de percussão e nível de avaliação de ruído de equipamentos. Para cada um destes conceitos são descritas as suas características, como são obtidos os valores e que fatores influenciam a sua obtenção.

No terceiro capítulo, “Enquadramento Legal”, são dispostos os requisitos estipulados nas duas ferramentas legais no âmbito da acústica em Portugal, designadamente o Regulamento Geral do Ruído e o Regulamento dos Requisitos Acústicos de Edifícios. É abordado o conteúdo destes regulamentos e a sua aplicação em edifícios habitacionais.

No quarto capítulo, “Métodos de classificação acústica de edifícios habitacionais”, é realizada uma síntese dos sistemas de classificação existentes na Europa, os seus critérios, semelhanças e diferenças. Após esta síntese, é apresentado o método português de classificação acústica de edifícios habitacionais, elaborado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil. É descrito o processo de classificação assente nos três níveis físicos considerados, os quais são descritos pormenorizadamente, dando maior relevância ao nível físico “Habitação” e os coeficientes de ponderação que o integram e que constituem o objeto de estudo da dissertação.

No quinto capítulo, “Elaboração do inquérito”, são explicadas todas as etapas que constituíram o processo de execução do inquérito. Começando pela sua conceção, tendo em conta o público-alvo, o objetivo pretendido e as condicionantes envolvidas em torno da natureza peculiar de um inquérito sócio acústico, passando pela aplicação de um inquérito piloto, até se chegar a uma estrutura final, com um conjunto de questões para obtenção da informação desejada.

No sexto capítulo, “tratamento e análise de dados”, é feita, com base nos dados recolhidos, uma descrição detalhada da amostra populacional e de seguida uma análise estatística para cada uma das variáveis consideradas (coeficientes). É neste capítulo que se determina o conjunto de valores estimados para aferição dos coeficientes presentes no método LNEC.

No sétimo capítulo, “Caso de estudo: Quinta da Parreirinha”, é descrito o estudo realizado a uma urbanização, com o intuito de se obter dados que reforcem o estudo desenvolvido via *internet*. É feita uma descrição da urbanização, da amostra populacional e apresentados os resultados obtidos.

No oitavo capítulo, “Análise de sensibilidade dos coeficientes”, é analisado, pormenorizadamente, o impacto que os valores atribuídos aos coeficientes de ponderação podem ter na classificação final do nível “Habitação”.

O nono e último capítulo, “Conclusões e desenvolvimentos futuros”, é efetuada uma síntese das ideias a retirar do estudo desenvolvido e são apontados temas de trabalhos futuros relacionados com esta dissertação.





## **2 Estado do conhecimento**

### **2.1 Introdução**

Na elaboração deste trabalho fez-se uma pesquisa bibliográfica integrando, de uma forma geral, conceitos básicos de acústica e psicoacústica e a sua aplicação na acústica de edifícios. Sintetizar o estado do conhecimento foi essencial para criar uma base de dados relevante para uma melhor compreensão dos temas abordados na realização do estudo, e para atingir o resultado pretendido.

### **2.2 Conceitos gerais**

#### **2.2.1 Acústica**

A acústica estuda a forma como o som, enquanto energia sonora se transmite através dos meios de propagação. Toda a ação mecânica passível de alterar o estado de um meio material origina oscilações que, ao se propagarem, e dependendo da gama de frequências, podem ser captadas pelo sistema auditivo e traduzirem-se em som audível (8). Dentro da acústica podem ser identificadas especialidades tais como acústica arquitetônica, acústica ambiental ou psicoacústica entre muitas outras.

Em acústica arquitetônica é estudado o comportamento do som em recintos fechados e a transmissão sonora entre recintos fechados.

Em acústica ambiental o objeto de estudo é orientado para a proteção de recetores sensíveis ao ruído, tais como habitações, escolas e hospitais aos ruídos aéreo, rodoviário, ferroviário e outros de igual natureza.

#### **Ruído**

O som é definido como uma vibração que se propaga no ar e que, ao atingir o indivíduo recetor, provoca-lhe uma sensação auditiva (9).

O ruído pode ser definido como um som desagradável para o recetor em questão, associando às propriedades físicas do som a percepção e atitude do indivíduo, ou seja, é definido, de maneira subjetiva, como toda sensação auditiva desagradável, ou fisicamente, como todo fenómeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos (10).

Tem-se, portanto, um conceito de ruído cuja definição está ligada tanto à componente física do som como à componente psicofisiológica, associada à reação do indivíduo recetor desse som.

O ruído é uma das principais causas da degradação da qualidade do ambiente urbano, em consequência da elevada densidade populacional e complexidade da malha urbana, é nas grandes cidades que existe uma maior sensibilidade ao ruído, sendo que a coexistência de uma ocupação

sensível e de atividades ruidosas, pode conduzir a uma situação de conflito entre os habitantes e a respetiva perceção do meio ambiente (11).

## Definição física

Como já referido o som pode ser estudado enquanto fenómeno ondulatório e uma onda sonora pode ser caracterizada pela sua amplitude, frequência, comprimento de onda e período.

A amplitude, expressa em Pascal (Pa), refere-se à diferença entre os valores máximo e médio de pressão ao longo do tempo num determinado ponto do espaço.

A frequência, expressa em Hertz (Hz), corresponde ao número de ciclos de variação de pressão por segundo e relaciona-se com o comprimento de onda de acordo com a equação 2.1.

O comprimento de onda, expresso em metros, é a distância percorrida pela onda de pressão sonora durante um ciclo.

O período, expresso em segundos, corresponde ao tempo necessário para que o ciclo da onda se repita, relaciona com a frequência através da equação 2.2.

A figura 2.1 ilustra os conceitos de amplitude e comprimento de onda para os casos de duas ondas com a mesma amplitude e frequências diferentes.

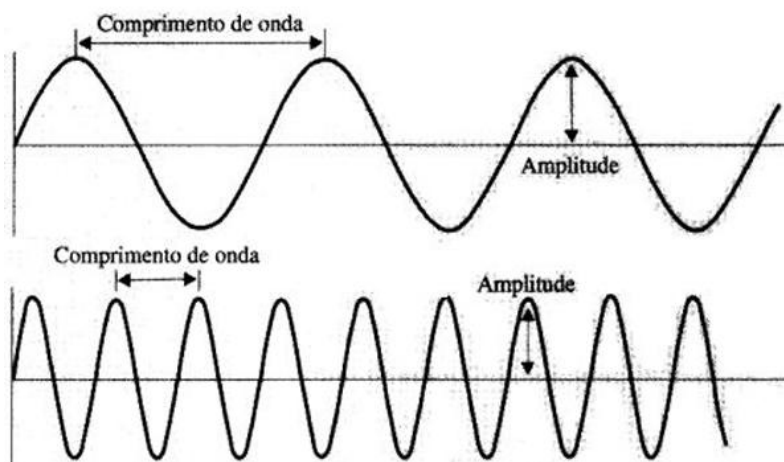


Imagem obtida no site: [http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/imagens/md\\_ef\\_cj/2009-03-10\\_22/image016.jpg](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/imagens/md_ef_cj/2009-03-10_22/image016.jpg)

Figura 2.1 - Casos de duas ondas com a mesma amplitude e frequências diferentes

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (2.1)$$

f – frequência (Hz)

c – velocidade do som (m/s)

$\lambda$  – comprimento de onda (m)

A velocidade do som ( $c$ ) depende das propriedades do meio em que se propaga. No caso do ar a velocidade assume aproximadamente o valor de 340 m/s, isto para uma temperatura de 15°C.

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.2)$$

$T$  – período (s)

O som propaga-se através do ar e, atendendo à sua definição de perturbação da pressão de equilíbrio existente, tem-se a seguinte representação gráfica de som na figura 2.2., adaptado de (8), para a variação da pressão existente, pressão atmosférica neste caso, num dado ponto.

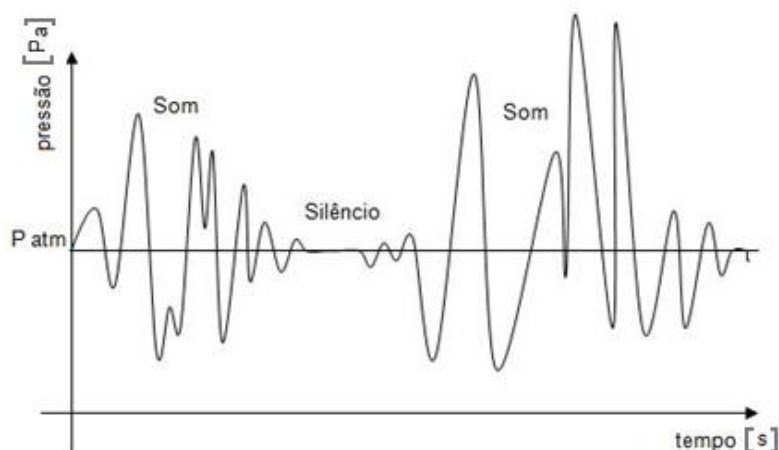


Figura 2.2– Variação da pressão num ponto em relação à pressão atmosférica ( $10^5$  Pa)

## Nível de pressão sonora

A escala de pressões sonoras dos ruídos correntes é extremamente ampla sendo mais adequado descrever as grandezas acústicas com a escala logarítmica designada por escala de Decibéis. O Decibel, o décimo do bel, é uma unidade de energia de base logarítmica que caracteriza a relação entre duas grandezas de potência, intensidade ou pressão sonoras.

Não é necessário conhecer a pressão em cada instante, mas sim um valor eficaz entre os dois instantes.

A pressão eficaz entre dois instantes é determinada da seguinte forma:

$$P_{ef}^2 = \frac{1}{t_2 - t_1} \times \int_{t_1}^{t_2} P^2(t) \cdot dt \quad (2.3)$$

$P(t)$  – pressão sonora num ponto num dado instante (dB)

$t_1$  – primeiro instante

$t_2$  – segundo instante

Nível de pressão sonora é então definido da seguinte forma:

$$L(p) = 10 \times \log \left( \frac{P_{ef}^2}{P_0^2} \right) \quad (dB) \quad (2.4)$$

$P_0$  – valor de referência da pressão sonora ( $2 \times 10^{-5}$  Pa)

$P_{ef}$  – valor da pressão sonora eficaz entre dois instantes,  $t_2$  e  $t_1$

$t_1$  – primeiro instante

$t_2$  – segundo instante

A medição das pressões sonoras é realizada através de aparelhos designados sonómetros. O ouvido humano deteta frequências situadas na gama de 20 Hz a 20 kHz, constituindo-se uma escala muito extensa. No sentido de facilitar as medições e análises de níveis sonoros e de pressão sonora numa gama tão alargada recorre-se ao tratamento da informação por bandas de frequências. Existem três bandas de largura proporcional normalizadas, tais bandas são denominadas, respetivamente, por bandas de oitava, bandas de um terço de oitava e bandas de um doze avos de oitava. A largura de uma oitava corresponde à duplicação de frequência, como se mostra na equação 2.5. (8), as outras têm uma largura respetiva de  $2^{1/3}$  e  $2^{1/12}$ .

$$f1 \xrightarrow{\text{oitava}} f2 \quad \frac{f2}{f1} = 2 \quad (2.5)$$

### Nível sonoro equivalente

Uma onda sonora para ser persentida pelo ouvido humano tem que ter um valor mínimo de pressão sonora ( $2 \times 10^{-5}$  Pa) e estar inserida na gama das frequências audíveis, a gama estende-se de 20 Hz a 20 000 Hz podendo ser decomposto em três grupos:

Sons Graves – de 20 a 360 Hz

Sons Médios – de 360 a 1400 Hz

Sons Agudos – acima de 1400 Hz

Considerando um processo de análise visando a obtenção de um valor único que traduza a pressão sonora sentida pelo ouvido humano, surge o conceito de nível sonoro equivalente.

O nível sonoro equivalente é definido de acordo com a equação 2.6

$$L_{eq} = 10 \times \log \left( \sum_i 10^{0,1 \times (L_{pi} + C_i)} \right) \quad (2.6)$$

$L_{eq}$  – nível sonoro contínuo equivalente (dB)

$L_{pi}$  – nível de pressão sonora em cada uma das bandas de frequência  $i$  consideradas

$C_i$  – correções relativas à malha de ponderação

O valor do nível sonoro representa o valor da pressão sonora integrada no domínio das bandas de frequência consideradas.

Dado que a resposta do ouvido humano varia em função da frequência é necessária a existência de um filtro nos equipamentos de medida para simular a audição humana, o filtro usado é a curva de ponderação A ilustrada na figura 2.3.

O valor correspondente pode ser apresentado em dB ou em dB (A), este último, determinado recorrendo à malha de ponderação (A) que introduz correções, sobretudo nas bandas de frequência mais baixas conforme indicado no quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Correções relativas à malha A, adaptado de (8)

| Correções da Malha A | Frequência Central (Hz) | Bandas de terços de oitava (Hz) | Bandas de oitava (Hz) |
|----------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| -19,1                | 100                     | 89,1-112                        | 89,1-178              |
| -16,1                | 125                     | 112-141                         |                       |
| -13,4                | 160                     | 141-178                         |                       |
| -10,9                | 200                     | 178-224                         | 178-355               |
| -8,6                 | 250                     | 224-282                         |                       |
| -6,6                 | 315                     | 282-355                         |                       |
| -4,8                 | 400                     | 355-447                         | 355-708               |
| -3,2                 | 500                     | 447-562                         |                       |
| -1,9                 | 630                     | 562-708                         |                       |
| -0,8                 | 800                     | 708-891                         | 708-1410              |
| 0,0                  | 1000                    | 891-1120                        |                       |
| 0,6                  | 1250                    | 1120-1410                       |                       |
| 1,0                  | 1630                    | 1410-1780                       | 1410-2820             |
| 1,2                  | 2000                    | 1780-2240                       |                       |
| 1,3                  | 2500                    | 2240-2820                       |                       |
| 1,2                  | 3150                    | 2820-3550                       | 2820-5620             |
| 1,0                  | 4000                    | 3550-4470                       |                       |
| 0,5                  | 5000                    | 4470-5620                       |                       |

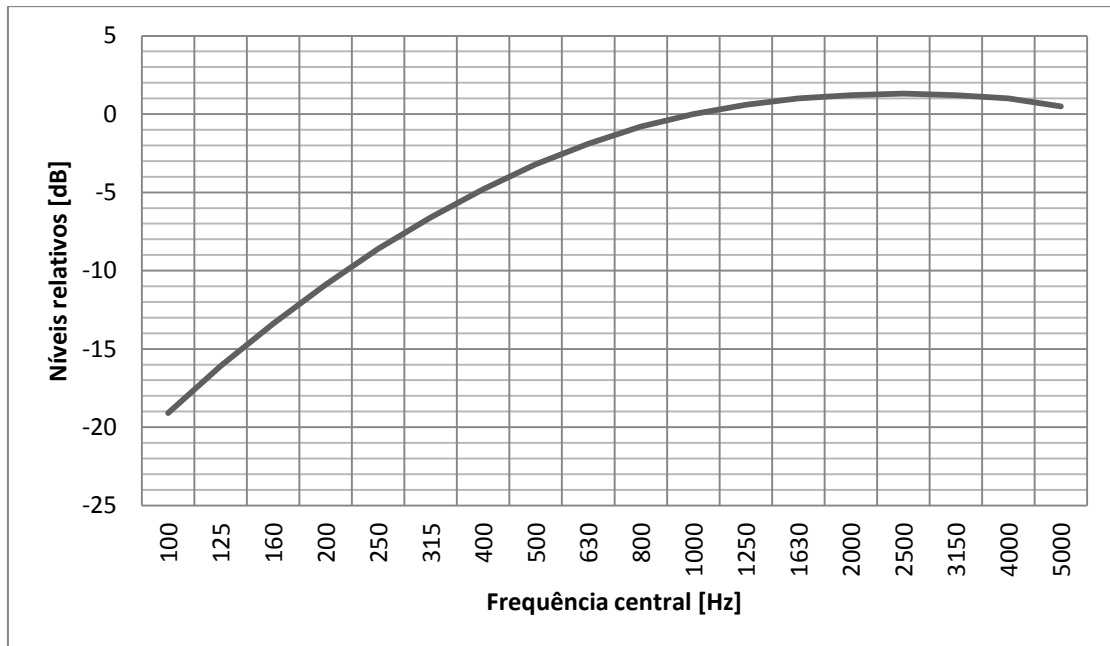


Figura 2.3 – Evolução da ponderação da malha A, adaptado de (12)

### 2.2.2 Psicoacústica

A psicoacústica apresenta-se como a ciência que estuda o som mas na perspetiva da sua percepção pelo individuo recetor.

São estudadas as propriedades particulares de um som e em que o sistema auditivo constitui uma ferramenta para a sua análise (13).

Na psicoacústica são considerados os fatores que influenciam a percepção do som em função das suas características físicas, ou seja, o foco da sua investigação reside no estabelecimento de uma relação entre um evento acústico e a respetiva percepção auditiva, procurando-se estabelecer correspondências entre o domínio físico (evento acústico), cujas características são mensuráveis, e o domínio sensorial, onde o escalonamento de sensações é realizado com a ajuda de métodos quantitativos específicos (11).

Geralmente a relação entre o individuo e o som que o rodeia desenvolve-se inconscientemente como parte da impressão global de um cenário. Só em situações extremas, como, por exemplo, a exposição a níveis sonoros muito elevados ou muito baixos, é que essa pessoa refletirá sobre o ambiente sonoro (11).

Na avaliação dos estímulos sonoros são utilizados atributos, como, por exemplo, a sensação de intensidade auditiva, rugosidade, agudeza, força de flutuação e tonalidade. Não sendo possível avaliar os estímulos sonoros de forma absoluta, a sua avaliação deve ser expressa como um problema multidimensional que requer o conhecimento de aspetos auditivos e físicos do estímulo sonoro e de fatores cognitivos e emocionais (11).

## Percepção do ruído

A percepção é um processo psicofisiológico em que a pessoa organiza e interpreta os estímulos captados pelos dos órgãos dos sentidos. A forma como os sons são percebidos por um ouvinte no interior de uma habitação depende, essencialmente, de quatro fatores:

- 1) Características físicas da fonte sonora
- 2) Distância entre a fonte sonora e o ouvinte
- 3) Características do elemento separador entre fonte sonora e ouvinte
- 4) Natureza subjetiva do ser humano recetor

O primeiro fator corresponde às características da fonte ao nível da potência, conteúdo espectral, duração.

O segundo fator incide sobre a relação entre o nível de pressão sonora e a distância à fonte emissora, sendo que à medida que a distância à fonte aumenta, o nível de pressão sonora diminui.

O terceiro fator diz respeito à solução construtiva da habitação, elemento separador que fornece a proteção sonora dos ocupantes da habitação.

O quarto fator, considerando não existir diferenças entre seres humanos na fisiologia padrão do ouvido, depende, basicamente, da experiência e do conhecimento adquiridos pelo ouvinte que definem a sua atitude em relação aos estímulos sonoros. A percepção individual do ruído depende não só das características do ruído como a sua intensidade e frequência mas também de fatores tais como a idade do indivíduo, o seu estado mental, os gostos ou o modo de vida. A figura 2.4 mostra a evolução progressiva da perda de audição em homens e mulheres (nas ordenadas), ao longo do tempo (nas abcissas). Nota-se que a perda é mais acentuada nas frequências mais elevadas e afeta mais os homens que as mulheres.

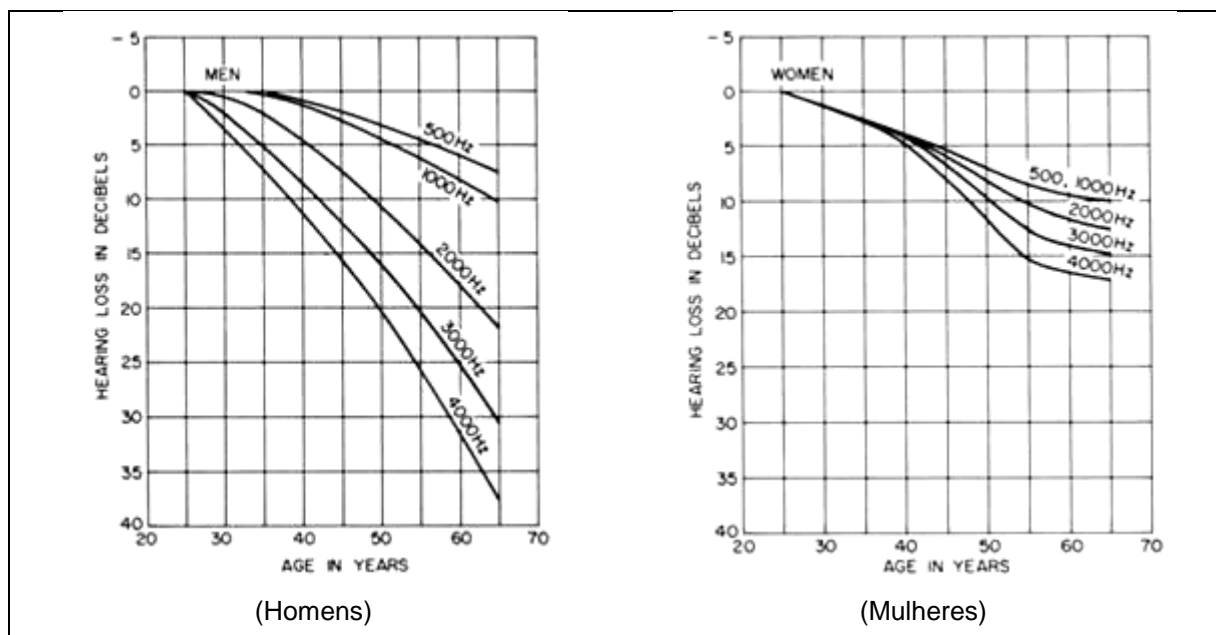


Figura 2.4 - Evolução da perda de audição devido à idade, adaptado de (4),

## **Incomodidade do ruído**

O conforto acústico pode ser caracterizado pela ausência de ruído, qualidade e níveis adequados dos sons desejáveis e a possibilidade de realizar atividades sem causar incómodo a terceiros (14).

A definição de ruído enquanto estímulo sonoro indesejável para o recetor evidencia que a incomodidade de um ruído envolve os sentimentos pessoais do recetor, a sua sensibilidade e as condições de ambiente. Ao querer medir o efeito do ruído no auditor, tentando classificar esse ruído, está-se no fundo a visar o que se pode designar como incomodidade desse ruído.

O grau de incomodidade atribuível a um estímulo sonoro resulta de um processo mental, do qual se depreende não ser possível criar um medidor de incomodidade de interesse prático legislativo, ou uma escala de incomodidades com aplicação geral (9).

O que se verifica na generalidade dos casos de estudo é a realização de inquéritos sócio acústicos, a partir dos quais se obtém dados relativos à incomodidade induzida pelo ruído num certo espaço, para depois se tentar correlacionar esses dados com os valores dos níveis sonoros medidos no espaço estudado.

## **Efeitos do ruído**

A exposição a sons urbanos intensos é um tema que tem vindo a ganhar cada vez mais relevância devido aos efeitos negativos que causam ao homem a nível do seu bem-estar físico, mental e social.

A nível físico inclui-se aspetos como a lesão dos órgãos auditivos, perturbação da circulação sanguínea e consequente ritmo cardíaco e indução de fadiga.

A nível psicológico incluem-se sintomas tais como irritação, *stress* e incomodidade, e no plano social o ruído atua como uma perturbação da comunicação (11).

## **2.3 Acústica nos edifícios**

A importância da acústica nas edificações reflete-se no desempenho destas a nível da sua capacidade de proporcionar, no interior das habitações, um ambiente protegido de ruídos para os seus ocupantes.

Desta forma é possível organizar as características do desempenho acústico dos edifícios no que se refere ao isolamento a sons aéreos, ao isolamento a sons de percussão e ao nível de avaliação de ruído de equipamentos.

Um conceito relevante quando se trata de acústica de espaços fechados é o tempo de reverberação. O tempo de reverberação ( $T_r$ ) é definido como o tempo necessário, após o instante em que cessa o funcionamento da fonte sonora, para que o nível de pressão sonora decresça 60 dB. Este decréscimo depende da dissipação de energia sonora que ocorre nas múltiplas reflexões num espaço fechado, estando diretamente relacionado com a capacidade de absorção sonora da envolvente do espaço assim como os elementos dispostos no seu interior.



### 2.3.1 Isolamento a sons aéreos

Nos edifícios cabe aos elementos de fachada e de compartimentação interior conferir o devido isolamento a sons aéreos (sons que são originados por excitação direta do ar). Considerando a sua origem, os sons aéreos relevantes para o conforto acústico nos edifícios podem enquadrar-se em dois grupos: sons de proveniência exterior e sons interiores (8).

No grupo de sons aéreos de proveniência exterior incluem-se fundamentalmente os que advêm de tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo, de instalações industriais e de entretenimento público, já no grupo dos sons aéreos de proveniência interior incluem-se todos aqueles que advêm da utilização do edifício, tais como os equipamentos coletivos ou as atividades dos ocupantes.

O isolamento a sons aéreos depende das características dos elementos de compartimentação, nomeadamente, a sua massa, rigidez e amortecimento interno. Para efetuar a caracterização do isolamento a sons aéreos recorre-se a medições realizadas *in situ* de acordo com as normas NP EN ISO 140-4:2009 (15) e NP EN ISO 140-5:2009 (16) para fachadas. As medições *in situ* possibilitam a avaliação da conformidade do isolamento sonoro do espaço com desempenho esperado enquanto as medições em laboratório apenas possibilitam atribuir uma quantificação do isolamento conferido por um determinado elemento de compartimentação (8).

O som é transmitido entre dois compartimentos adjacentes através dos vários caminhos conforme se ilustra na figura 2.4, adaptada de (8), ou seja, não apenas pelo caminho mais direto, através do elemento de separação, mas também pelos restantes caminhos, considerados indiretos, tais como aberturas de janelas, portas ou ventilação ou através das junções entre os dois compartimentos. A transmissão da energia sonora, por via indireta através das junções, constitui a chamada transmissão marginal.

Em laboratório, quando se caracteriza o desempenho acústico de elementos de compartimentação, não é considerada a contribuição da transmissão marginal. Esta contribuição apenas é contabilizada nas medições *in situ* para os índices de isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão (8).

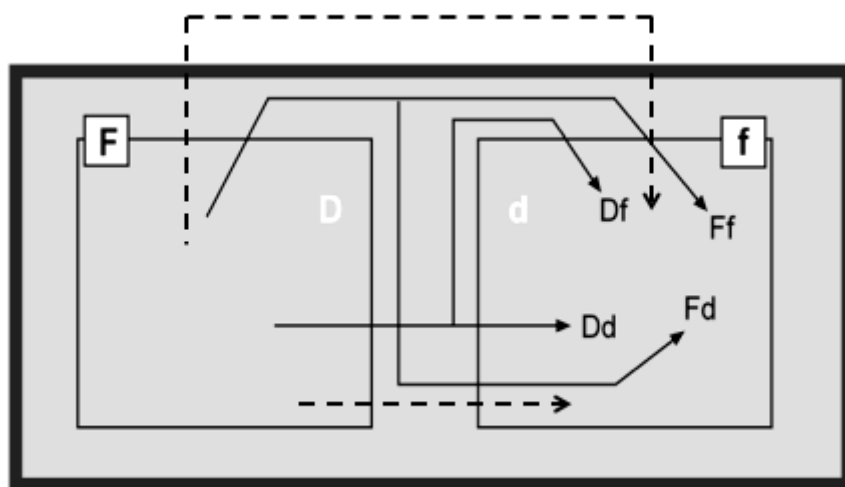


Figura 2.5 – Caminhos de transmissão de ruído aéreo entre compartimentos (8)

A legislação portuguesa remete para uma verificação de conformidade após a construção, tornando-se indispensável a consideração, em projeto, do contributo da transmissão marginal para que não exista grande discrepância entre o índice de isolamento sonoro previsto e o que depois é medido em obra porque esta diferença pode ser o suficiente para que a obra não se encontre em conformidade regulamentar, obrigando a gastos adicionais na sua correção.

O índice de isolamento sonoro a sons aéreos, valor único é determinado por comparação com a descrição convencional de referência, constante na norma NP EN ISO 717-1:2013 (17). Sobre põe-se a descrição convencional ao diagrama dos valores da diferença dos níveis de pressão sonora entre compartimentos emissor e recetor, de forma a verificar a condição de o valor médio do desvio em sentido desfavorável seja o mais elevado possível sem exceder os 2 dB. O valor médio do desvio é calculado por divisão da soma dos desvios no sentido desfavorável pelo número total de bandas de frequência consideradas na medição, considera-se desfavorável quando o valor é inferior ao da curva de referência.

Após a execução deste ajustamento, o índice de isolamento sonoro  $R_w$  ou  $D_{nT,w}$  corresponde ao valor da ordenada da descrição convencional de referência para a frequência de 500 Hz.

A normalização indica utilização de curvas de perdas de transmissão determinadas com medições por bandas de frequências com largura de um terço de oitava.

Relativamente à caracterização do desempenho de elementos construtivos está contemplado o anexo de um termo corretivo que tem em conta as características de espectros específicos incidentes conforme se visualiza no quadro 2.2 retirado de (8).

Quadro 2.2 – Termo de adaptação em função do tipo de fonte sonora

| Tipo de fonte sonora   | Espectro indicado                   | Termo de adaptação |
|--|-------------------------------------|--------------------|
| Atividades humanas (palavras, música, rádio, TV)<br>Brincadeiras de crianças<br>Tráfego ferroviário a velocidade média ou elevada<br>Tráfego rodoviário (< 80 km/h)<br>Avião a reação a curta distância<br>Oficinas que emitam ruído em médias e altas frequências | Espectro de ruído rosa              | C                  |
| Tráfego rodoviário urbano<br>Tráfego ferroviário a velocidade reduzida<br>Avião a hélice<br>Avião a reação a grande distância<br>Música de discoteca<br>Oficinas que emitam ruído em baixas e médias frequências   | Espectro de ruído de tráfego urbano | $C_{tr}$           |

Se os termos corretivos abrangerem uma gama de frequências superior à utilizada na determinação do índice de isolamento com uma extensão de por exemplo 50 a 4000 Hz, os termos assumem a seguinte forma:  $C_{50-4000}$  e  $C_{tr,50-4000}$

### 2.3.2 Isolamento a sons de percussão

Os sons de percussão derivam de ações de choque executadas em elementos de compartimentação do edifício, podendo, devido à rigidez das ligações existentes ao longo da malha estrutural do edifício, propagar-se com grande facilidade até compartimentos razoavelmente distantes do local emissor. Os sons de percussão podem ter um carácter mais incomodativo do que os sons aéreos conforme se ilustra no esquema da figura 2.6.

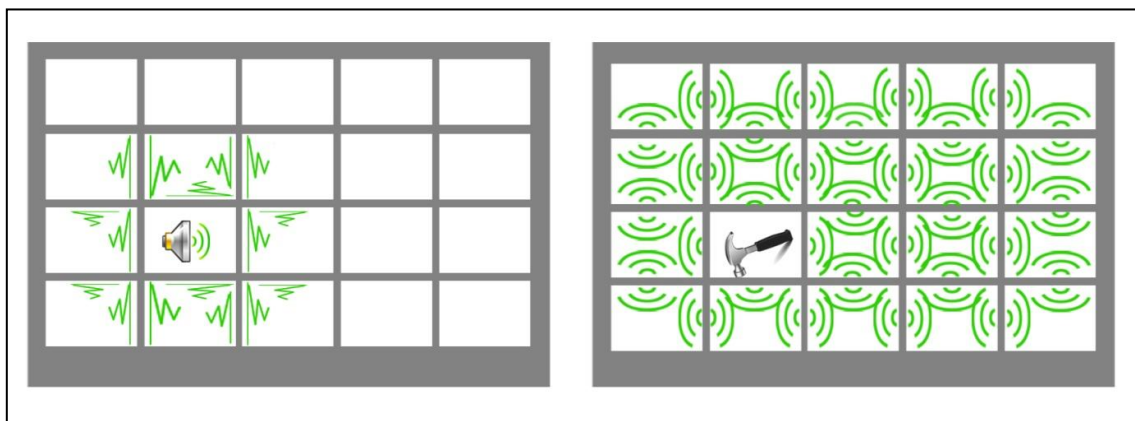


Figura 2.6 – Propagação de sons aéreos e de sons de percussão nos edifícios, (8)

Considerando que, geralmente, as ações de impacto do tipo referido ocorrem com maior probabilidade nos pavimentos do que nas paredes, o espaço definido pelo compartimento subjacente ao pavimento percutido irá apresentar o campo sonoro com a intensidade mais elevada sendo a sua transmissão evidenciada na figura 2.7 através dos diferentes caminhos de transmissão do ruído de percussão.

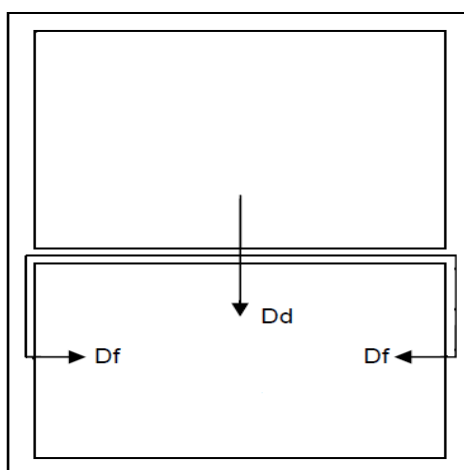


Figura 2.7 - Caminhos de transmissão de ruído de percussão entre compartimentos

A caracterização do isolamento de sons de percussão realiza-se de acordo com o descrito na norma NP EN ISO 140-7:2008 (18), para ensaios a realizar *in situ*.

O índice de isolamento sonoro a sons de percussão, valor único é determinado por comparação de uma dada descrição do nível de pressão sonora com uma descrição convencional de

referência, conforme especificado na Norma NP EN ISO 717-2:2013 (19). Sobreposição-se a descrição convencional ao diagrama dos valores do nível de pressão sonora medido no compartimento recetor, de forma a verificar a condição de o valor médio do desvio em sentido desfavorável seja o mais elevado possível sem exceder os 2 dB. O valor médio do desvio é calculado por divisão da soma dos desvios no sentido desfavorável pelo número total de bandas de frequência consideradas na medição, considera-se desfavorável quando o valor é inferior ao da curva de referência.

Após a execução deste ajustamento, o índice de isolamento sonoro  $L_{n,w}$  ou  $L'_{nT,w}$  corresponde ao valor da ordenada da descrição convencional de referência para a frequência de 500 Hz.

Relativamente à caracterização do desempenho de elementos construtivos está contemplado um termo de adaptação, cujo objetivo é o de ter em conta aspetos específicos de incomodidade sentida pelos ocupantes dos edifícios.

O termo  $C_i$  é anexado ao valor único determinado e apresenta-se como um valor corretivo que considera o nível de ruído de percussão, não ponderado, característico de um espectro derivado de ruído de passos (8).

### 2.3.3 Nível de avaliação do ruído de equipamentos

Designa-se como ruído de equipamentos coletivos do edifício o que provém de sistemas de climatização centralizados, de toda a maquinaria de apoio ao edifício e de instalações de abastecimento de água e drenagem de águas residuais.

O ruído de equipamentos pode propagar-se tanto por via aérea (propagação direta a partir do equipamento e através de condutas), como sólida (transmissão de estímulos vibratórios por contato entre o equipamento e elementos de construção), gerando situações de incomodidade nas habitações situadas na vizinhança da fonte emissora.

Os equipamentos e instalações que podem estar na origem de ruídos são muito variados e as situações que se colocam podem revestir-se de especificidades muito marcantes, pelo que não se justifica uma análise exaustiva no tratamento da questão.

Na fase de projeto a limitação do ruído de funcionamento de instalações de águas e esgotos de um edifício consiste em organizar a compartimentação de modo a concentrar, isolar e afastar os compartimentos que elas servem daqueles onde o ruído ocorre.

Nos edifícios é possível identificar equipamentos muito diversificados mas em termos de síntese qualificativa, é possível agruparem-se da seguinte forma:

- Elevação de cargas e pessoas;
- Ventilação mecânica;
- Condicionamento higrotérmico
- Bombagem
- Movimentação automática de portas (por exemplo de garagens)
- Equipamentos de refrigeração, e lavagem, ou específicos de certas atividades comerciais

### **3 Enquadramento legal**

#### **3.1 Introdução**

Em Portugal as ferramentas legislativas disponíveis no que diz respeito à regulamentação do ruído são o Regulamento Geral do Ruído (RGR) que no caso de edifícios é complementado pelo Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE).

A legislação em vigor em Portugal, na matéria de ruído encontra-se regulamentada desde 1 de Janeiro de 1988, data em que entrou em vigor o Regulamento Geral Sobre o Ruído, aprovado pelo decreto-lei nº 251 / 87, de 24 de Junho. Este regulamento foi substituído por outro designado Regime Legal Sobre a Poluição Sonora, aprovado pelo decreto-lei nº 292 / 2000, de 14 de Novembro. Atualmente, encontra-se em vigor o novo regulamento geral de ruído, aprovado pelo decreto-lei nº 9 / 2007 de 17 de Janeiro, em vigor desde 1 de Fevereiro de 2007. Em complementaridade com este regulamento, relativamente às condições acústicas dos edifícios destaca-se o regulamento de requisitos acústicos dos edifícios (RRAE), aprovado pelo decreto-lei nº 129 / 2002 de 11 de Maio. Este decreto-lei foi atualizado para o novo decreto-lei nº 96 / 2008, de 9 de Junho que se encontra atualmente em vigor.

#### **3.2 Regulamento geral do ruído**

No RGR são reguladas as atividades ruidosas permanentes e temporárias e a outras fontes de ruído suscetíveis de causar incomodidade assim como o ruído de vizinhança. É neste regulamento que são estipulados os valores limite de exposição em função da classificação de uma zona como mista ou sensível.

Zona sensível é descrita como a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para o uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços, destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.

Zona mista define-se como a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível.

O RGR considera ainda a preparação de mapas de ruído municipais como ferramentas auxiliares na elaboração das cartas de classificação de zonas. Um mapa de ruído é uma representação geográfica que descreve o ruído exterior existente no município ou de uma zona específica do município, através dos indicadores de ruído estipulados pela legislação existente ( $L_{den}$  e  $L_n$ ). A representação dos valores dos indicadores de ruído é efetuada através de isófonas (linhas que indicam pontos com igual nível sonoro), sendo que os valores apresentam-se expressos em dB (A).

Em função da classificação de uma zona como mista ou sensível, devem ser respeitados os valores limite de exposição indicados no quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Valor limite para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  em função do tipo de zona

| Tipo de zona   | $L_{den}$ (dB (A)) | $L_n$ (dB (A)) |
|--|--------------------|----------------|
| Zona mista   | ≤65                | ≤55            |
| Zona sensível  | ≤55                | ≤45            |
| Zona sensível com GIT em exploração na proximidade           | ≤65                | ≤55            |
| Zona sensível com GIT aéreo projetada para a proximidade     | ≤65                | ≤55            |
| Zona sensível com GIT não aéreo projetada para a proximidade | ≤60                | ≤50            |
| Zona não classificada  | ≤63                | ≤53            |

$L_{den}$  – Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, expresso em dB (A), associado ao incómodo global, dado pela expressão:

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[ 13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right] \quad (3.1)$$

$L_d$  – indicador de ruído diurno (7 às 20 horas), o nível sonoro médio de longa duração determinado durante uma serie de períodos noturnos representativos de um ano.

$L_e$  – indicador de ruído do entardecer (20 às 23 horas), o nível sonoro médio de longa duração determinado durante uma serie de períodos noturnos representativos de um ano.

$L_n$  – Indicador de ruído noturno (23 às 7 horas), o nível sonoro médio de longa duração determinado durante uma serie de períodos noturnos representativos de um ano.

### 3.3 Regulamento dos requisitos acústicos de edifícios

No RRAE é regulada a vertente do conforto acústico no âmbito do regime da edificação, contribuindo para a melhoria da qualidade do ambiente acústico e para o bem-estar e saúde das populações, em articulação com o regime jurídico relativo ao ruído ambiente. Neste documento são estabelecidos os requisitos acústicos para os edifícios, com vista a melhorar as condições de qualidade acústica dos mesmos.

Os regulamentos são aplicáveis em edifícios habitacionais e mistos, unidades hoteleiras, edifícios comerciais e de serviços, partes similares em edifícios industriais, edifícios escolares e similares, de investigação, edifícios hospitalares e similares, recintos desportivos, estações de transporte de passageiros e auditórios e salas. Para o âmbito deste estudo são particularmente relevantes as indicações para aplicação a edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras.

#### 3.3.1 Índices de isolamento a sons de propagação aérea

##### Isolamento sonoro de fachada

$D_{2m,nT,w}$  - índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar dos fogos, deve ser igual ou superior a 33 dB, em zonas mistas e determinadas zonas sensíveis definidas no RGR. Em zonas sensíveis reguladas pela alínea b) do nº 1 do artigo 11 do RGR, este índice deve ser igual ou superior a 28 dB.

Os valores limite referidos são acrescidos de 3 dB em zonas urbanas consolidadas com violação até 5 dB(A) dos valores limite de exposição ( nº 7 do artigo 12 do RGR).

Se o elemento de fachada tiver uma área translúcida superior a 60% deve ser adicionado ao índice o termo de adaptação apropriado (C ou C<sub>tr</sub>) conforme o tipo de ruído (20).

$$D_{2m,nT,w} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \times \log \frac{T}{T_0} \quad (3.2)$$

L<sub>1,2m</sub> - nível médio de pressão sonora medido a dois metros da fachada do edifício

L<sub>2</sub> - nível médio de pressão sonora no compartimento recetor

T - tempo de reverberação no compartimento recetor

T<sub>0</sub> - tempo de reverberação de referência (0,5 segundos)

### Isolamento entre fogos

D<sub>nT,w</sub> - índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, entre compartimentos de um fogo, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar de outro fogo, como locais recetores, deve verificar a condição: D<sub>nT,w</sub> ≥ 50 dB (20).

### Isolamento entre áreas comuns e fogos

D<sub>nT,w</sub> - índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, entre locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais recetores, deve verificar a condição: D<sub>nT,w</sub> ≥ 48 dB; D<sub>nT,w</sub> ≥ 40 dB, se o local emissor for um caminho de circulação vertical, quando o edifício seja servido por ascensores; D<sub>nT,w</sub> ≥ 50 dB, se o local emissor for uma garagem de estacionamento automóvel (20).

### Isolamento entre áreas comerciais e fogos

D<sub>nT,w</sub> - índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, entre locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais recetores, deve verificar a condição: D<sub>nT,w</sub> ≥ 58 dB (20):

$$D_{nT,w} = L_1 - L_2 + 10 \times \log \frac{T}{T_0} \quad (3.3)$$

L<sub>1</sub> - nível médio de pressão sonora no compartimento emissor

L<sub>2</sub> - nível médio de pressão sonora no compartimento recetor

T - tempo de reverberação no compartimento recetor

T<sub>0</sub> - tempo de reverberação de referência (0,5 segundos)

## 3.3.2 Índices de isolamento a sons de percussão

### Isolamento entre fogos ou áreas comuns e fogos

$L'_{nT,w}$  - índice de isolamento sonoro a sons de percussão, padronizado, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos dos outros fogos ou de locais de circulação comum do edifício, como locais emissores e o interior dos quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais recetores, deve satisfazer o seguinte:  $L'_{nT,w} \leq 60$  dB.

A disposição estabelecida na alínea anterior não se aplica, se o local emissor for um caminho de circulação vertical, quando o edifício seja servido por ascensores (20).

### Isolamento entre áreas comerciais e fogos

$L'_{nT,w}$  - índice de isolamento sonoro a sons de percussão,  $L'_{nT,w}$  proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos de locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores e o interior dos quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais recetores, deve satisfazer o seguinte:  $L'_{nT,w} \leq 50$  dB (20):

$$L'_{nT,w} = L_i - 10 \times \log \frac{T}{T_0} \quad (3.4)$$

$L_i$  - nível sonoro médio medido no compartimento recetor, proveniente de uma excitação de percussão normalizada exercida sobre um pavimento

$T$  - tempo de reverberação no compartimento recetor

$T_0$  - tempo de reverberação de referência (0,5 segundos)

### 3.3.3 Nível de avaliação de ruído de equipamentos

Segundo (20), no interior dos quartos e zonas de estar dos fogos, o nível de avaliação padronizado,  $L_{Ar,nT}$ , do ruído particular de equipamentos coletivos do edifício, tais como ascensores, grupos hidropressores, sistemas centralizados de ventilação mecânica, automatismos de portas de garagem, postos de transformação de corrente elétrica e instalações de escoamento de águas, deve satisfazer o seguinte:

- i)  $L_{Ar,nT} \leq 32$  dB (A), se o funcionamento do equipamento for intermitente;
- ii)  $L_{Ar,nT} \leq 27$  dB (A), se o funcionamento do equipamento for contínuo;
- iii)  $L_{Ar,nT} \leq 40$  dB (A), se o equipamento for um grupo gerador elétrico de emergência

$$L_{Ar,nT} = L_A + K - 10 \times \log \frac{T}{T_0} \quad (3.5)$$

$L_A$  - nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado

$K$  - Coeficiente de correção devida às características tonais do ruído, 0 ou 3 dB(A)

$T$  - tempo de reverberação no compartimento recetor



$T_0$  \_tempo de reverberação de referência (0,5 segundos)

## 4 Métodos de classificação acústica de edifícios habitacionais

### 4.1 Síntese dos métodos existentes no contexto europeu

Fazendo um levantamento dos métodos de classificação acústica de edifícios habitacionais na Europa, verifica-se que nenhum dos sistemas de classificação é idêntico, existindo discrepâncias relevantes entre eles. Estas diferenças entre os vários métodos existentes devem-se à falta de coordenação e, apesar da sua utilidade a nível nacional, esta diversidade, a nível europeu, constitui um forte entrave à troca de informação e experiência entre países. Um dos aspetos mais flagrantes desta situação é a diversidade de descritores e de classes qualitativas dos vários sistemas de classificação acústica conforme se mostra no quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Sistemas europeus de classificação acústica de edifícios habitacionais adaptado de (21)

| País      | Classes       | Classe correspondente aos requisitos legais | Classes para edifícios novos | Classes para edifícios antigos | Referências           |
|-----------|---------------|---|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Dinamarca | A/B/C/D       | Classe C                                    | A,B,C                        | D                              | DS 490 (2007)         |
| Finlândia | A/B/C/D       | Classe C                                    | A,B,C                        | D                              | SFS 5907 (2004)       |
| Islândia  | A/B/C/D       | Classe C                                    | A,B,C                        | D                              | IST 45 (2011)         |
| Noruega   | A/B/C/D       | Classe C                                    | A,B,C                        | D                              | NS 8175 (2008)        |
| Suécia    | A/B/C/D       | Classe C                                    | A,B,C                        | D                              | SS 25267 (2004)       |
| Lituânia  | A/B/C/D/E     | Classe C                                    | A,B,C                        | D,E                            | STR 2.01.07 (2003)    |
| Itália    | I/II/III/IV   | Classe III                                  | I,II,III                     | IV                             | UNI 11367 (2010)      |
| Alemanha  | III/II/I      | Classe I                                    | III,II,I                     | Não definido                   | VDI 4100 (2007)       |
| Áustria   | A/B/C/D/E     | Classe C                                    | A,B,C                        | D,E                            | ÖNORM B 8115-5 (2012) |
| Holanda   | I/II/III/IV/V | Classe III                                  | I,II,III                     | IV,V                           | NEN 1070 (1999)       |
| França    | QLAC/QL       | Não Definido                                | QLAC, QL                     | Não definido                   | Qualitel (2012)       |

No quadro estão indicados onze sistemas de classificação acústica de edifícios habitacionais dos respetivos países. Para cada um dos sistemas são expostas as classes qualitativas que o constituem por ordem decrescente de qualidade, a indicação, caso se verifique, da classe com correspondência aos requisitos legais e quais as classes com aplicação a edifícios novos e quais as com aplicação a edifícios antigos.

A correspondência dos requisitos legais a uma classe qualitativa num sistema de avaliação acústica faz sobressair o facto de que estes requisitos são valores mínimos e que é possível a obtenção de uma melhor qualidade de conforto acústico.

A generalidade dos métodos de classificação tem em conta vários aspetos entre os quais o isolamento sonoro a sons aéreos entre fogos, o isolamento sonoro a sons de percussão entre fogos,

o isolamento sonoro a sons provenientes do exterior e o ruído provocado por equipamentos do edifício. Para além dos aspetos mencionados, existem métodos que consideram também como critérios de classificação o tempo de reverberação, o isolamento sonoro no interior dos fogos e o ruído verificado no exterior do edifício.

Nos quadros seguintes, observam-se os principais indicadores para os isolamentos sonoros a sons aéreos e de percussão que são avaliados nos sistemas de classificação acústica em cada país.

Quadro 4.2 - Isolamento sonoro a sons aéreos entre habitações. Critérios dos sistemas europeus de classificação acústica. adaptado de (21)

| Isolamento sonoro a sons aéreos entre habitações - valores em dB |  |   |   |                        |                        |
|--|--|---|---|------------------------|------------------------|
| País   | Classe A;<br>Classe I;<br>Classe III<br>(Alemanha) | Classe B; Classe II;<br>Classe II<br>(Alemanha); QLAC   | Classe C; Classe III;<br>Classe I<br>(Alemanha); QL | Classe D;<br>Classe IV | Classe E;<br>Classe V  |
| Dinamarca  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$                       | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$                            | $R'_w \geq 55$                                      | $R'_w \geq 50$         | N/A                    |
| Finlândia  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$                       | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$                            | $R'_w \geq 55$                                      | $R'_w \geq 49$         | N/A                    |
| Islândia   | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$                       | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$                            | $R'_w \geq 55$                                      | $R'_w \geq 50$         | N/A                    |
| Noruega  | $R'_w + C_{50-5000} \geq 63$                       | $R'_w + C_{50-5000} \geq 58$                            | $R'_w \geq 55$                                      | $R'_w \geq 50$         | N/A                    |
| Suécia   | $R'_w + C_{50-3150} \geq 61$                       | $R'_w + C_{50-3150} \geq 57$                            | $R'_w + C_{50-3150} \geq 53$                        | $R'_w \geq 49$         | N/A                    |
| Lituânia   | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$                       | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$                            | $R'_w \geq 55$                                      | $R'_w \geq 52$         | $R'_w \geq 48$         |
| Itália   | $R'_w \geq 56$                                     | $R'_w \geq 53$  | $R'_w \geq 50$                                      | $R'_w \geq 45$         | N/A                    |
| Alemanha   | Multi  | H: $R'_w \geq 59$ ;<br>V: $R'_w \geq 60$                | H: $R'_w \geq 53$ ;<br>V: $R'_w \geq 54$            | N/A                    | N/A                    |
|  | Row  | $R'_w \geq 68$  | $R'_w \geq 63$                                      | N/A                    | N/A                    |
| Austria  | $D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 60$                   | $D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 55$                        | $D_{nT,w} \geq 55$ ; $C_R$ :<br>$D_{nT,w} \geq 60$  | $D_{nT,w} \geq 50$     | $D_{nT,w} < 50$        |
| Holanda  | $D_{nT,w} + C \geq 62$                             | $D_{nT,w} + C \geq 57$                                  | $D_{nT,w} + C \geq 52$                              | $D_{nT,w} + C \geq 47$ | $D_{nT,w} + C \geq 42$ |
| França   | N/A  | $D_{nT,w} + C \geq 55$ ;<br>Row: $D_{nT,w} + C \geq 58$ | $D_{nT,w} + C \geq 53$                              | N/A                    | N/A                    |

Quadro 4.3 - Isolamento sonoro a sons de percussão entre habitações. Critérios dos sistemas europeus de classificação acústica. adaptado de (21)

| Isolamento sonoro a sons de percussão entre habitações - valores em dB |  |  |  |                          |                          |
|--|--|--|--|--------------------------|--------------------------|
| País   | Classe A; Classe I; Classe III (Alemanha)  | Classe B; Classe II; Classe II (Alemanha); QLAC            | Classe C; Classe III; Classe I (Alemanha); QL              | Classe D; Classe IV      | Classe E; Classe V       |
| Dinamarca  | $L'_{n,w} \leq 43$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 43$                               | $L'_{n,w} \leq 48$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 48$ | $L'_{n,w} \leq 53$   | $L'_{n,w} \leq 58$       | N/A                      |
| Finlândia  | $L'_{n,w} \leq 43$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 43$                               | $L'_{n,w} \leq 48$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 48$ | $L'_{n,w} \leq 53$   | $L'_{n,w} \leq 63$       | N/A                      |
| Islândia   | $L'_{n,w} \leq 43$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 43$                               | $L'_{n,w} \leq 48$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 48$ | $L'_{n,w} \leq 53$   | $L'_{n,w} \leq 58$       | N/A                      |
| Noruega  | $L'_{n,w} \leq 43$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 43$                               | $L'_{n,w} \leq 48$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 48$ | $L'_{n,w} \leq 53$   | $L'_{n,w} \leq 58$       | N/A                      |
| Suécia   | $L'_{n,w} \leq 48$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 48$                               | $L'_{n,w} \leq 52$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 52$ | $L'_{n,w} \leq 56$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 56$ | $L'_{n,w} \leq 60$       | N/A                      |
| Lituânia   | $L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 43$   | $L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 48$                         | $L'_{n,w} \leq 53$   | $L'_{n,w} \leq 58$       | $L'_{n,w} \leq 60$       |
| Itália   | $L'_{n,w} \leq 53$   | $L'_{n,w} \leq 58$   | $L'_{n,w} \leq 63$   | $L'_{n,w} \leq 68$       | N/A                      |
| Alemanha   | Multi  | $L'_{n,w} \leq 39$   | $L'_{n,w} \leq 46$   | $L'_{n,w} \leq 53$       | N/A                      |
|  | Row  | $L'_{n,w} \leq 34$   | $L'_{n,w} \leq 41$   | $L'_{n,w} \leq 48$       | N/A                      |
| Áustria  | $L'_{n,w} \leq 38$ ;<br>$L'_{n,w} + C_l \leq 43$ ;<br>$L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 48$ | $L'_{n,w} \leq 43$ ;<br>$L'_{n,w} + C_l \leq 43$           | $L'_{n,w} \leq 48$ ;<br>$C_R: L'_{n,w} \leq 43$            | $L'_{n,w} \leq 53$       | $L'_{n,w} > 53$          |
| Holanda  | $L'_{n,w} + C_l \leq 43$   | $L'_{n,w} + C_l \leq 48$                                   | $L'_{n,w} + C_l \leq 53$                                   | $L'_{n,w} + C_l \leq 58$ | $L'_{n,w} + C_l \leq 63$ |
| França   | N/A  | $L'_{n,w} \leq 52$   | $L'_{n,w} \leq 55$   | N/A                      | N/A                      |

A análise destes quadros permite evidenciar as discrepâncias entre os vários métodos contemplados, entre as quais se destacam as seguintes:

- as classes qualitativas variam entre duas a cinco classes
- a amplitude entre classes, 2 a 6 dB para sons aéreos e 3 a 10 dB para sons de percussão
- o alcance das classes acústicas, 2 a 20 dB para sons aéreos e 3 a 10 dB para sons de percussão
- os descritores usados em cada método
- o uso de termos de adaptação de baixa frequência
- diferenciação na classificação de edifícios em banda (row)

A maior diferença entre sistemas e entre classes encontra-se no índice de sons de percussão, onde a classe mais elevada, em Itália, corresponde exatamente à classe mais baixa, de Alemanha e Áustria.

## 4.2 Método LNEC para classificação acústica de edifícios habitacionais

### 4.2.1 Introdução

O método LNEC para avaliação e classificação da qualidade acústica de edifícios habitacionais consiste numa metodologia para avaliar o desempenho acústico de edifícios habitacionais ou partes deles, os fogos constituintes, com o fim de obter uma qualificação desse desempenho.

Este método apresenta-se como uma ferramenta com grande potencial no contexto de harmonização de indicadores de comportamento acústico e de sistemas de classificação da qualidade dos edifícios. É, no contexto europeu, um sistema de classificação que se distingue pela avaliação global da unidade edificada, contemplando a envolvente integrante, o edifício e a unidade habitacional.

### 4.2.2 Descrição do método

O método LNEC assenta em três níveis físicos: Vizinhança; Edifício e Habitação. É atribuída uma pontuação de valoração em função da quantificação dos indicadores ou à apreciação das condições específicas mencionadas, a qual integra uma expressão de avaliação do nível de qualidade de cada realidade física considerada. O nível de avaliação acústica (NAA), final, de cada nível físico tem a correspondência indicada no quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Classificação dos níveis de avaliação acústica

| NAA          | Classificação | Descrição                       |
|--------------|---------------|---------------------------------|
| $\geq 2,5$   | A             | Qualidade muito boa             |
| $[1,5; 2,5[$ | B             | Qualidade recomendada           |
| $[1,0; 1,5[$ | C             | Qualidade mínima (regulamentar) |
| $<1,0$       | D             | Qualidade não regulamentar      |

As classes qualitativas A,B e C estão previstas para aplicação a construções novas enquanto a classe qualitativa D será em geral de aplicação a edifícios antigos. A classificação dos edifícios cujo Nível de Avaliação Acústica associado à realidade física Habitação seja inferior a 1,0 encontra-se assim um pouco limitado, e, de forma a detalhar mais pormenorizadamente esta banda classificativa, o método LNEC tem considerada uma expansão da classificação tipo D do nível Habitação. Este processo segue um sistema de pontuação semelhante prevendo um novo indicador de avaliação designado por IAA (Índice de Avaliação Acústica), o qual assume valores entre 0 e 5, sendo que 5 equivale ao nível 1 da escala do NAA, ou seja, conformidade regulamentar. Esta classificação produz cinco classes qualitativas: D<sup>+</sup>, D<sup>-</sup>, E, F e G de acordo com o quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Classificação dos índices de avaliação acústica

| IAA        | Classificação  |
|------------|----------------|
| [4,5; 5[   | D <sup>+</sup> |
| [3,5; 4,5[ | D <sup>-</sup> |
| [2,5; 3,5[ | E              |
| [1,5; 2,5[ | F              |
| ≤ 1,5      | G              |

Para efeitos de classificação de qualidade acústica global da fração habitacional em avaliação, e visando a atribuição da classificação acústica LNEC, o nível respetivo será calculado da seguinte forma:

$$NAA = \frac{\sum_i W_i \times P_{ti}}{\sum_i W_i} \quad (4.1)$$

**W<sub>i</sub>** – Fatores de ponderação das realidades físicas em avaliação consideradas, respetivamente: Vizinhança (0,25); Edifício (0,1) e habitação (0,65).

**P<sub>ti</sub>** – Número de pontos atribuído a cada realidade física em avaliação

Para moradias unifamiliares isoladas ou em banda, ou sempre que não haja acessos comuns integrados na edificação, as ponderações expostas passam respetivamente a vizinhança (0,3) e habitação (0,7).

### 4.2.3 Vizinhança

Neste nível físico são considerados dois elementos de avaliação. No primeiro ponto, “Disposições gerais”, são considerados os aspetos relacionados com o ambiente envolvente do edifício habitacional, esses aspetos são avaliados da veracidade de certos pressupostos conforme se mostra no quadro 4.6, sendo a pontuação deste elemento de avaliação correspondente à média aritmética da pontuação obtida nos subelementos considerados no quadro 4.6. No segundo ponto, “Ruído ambiente”, é avaliado o nível sonoro do ruído ambiente exterior medido (L<sub>den</sub>; L<sub>n</sub>) devendo-se considerar o que apresentar maior diferencial relativo ao valor regulamentar.

Quadro 4.6 – Pontuação dos pressupostos considerados na vizinhança (22)

| 1. Disposições gerais:   |   | Pts |
|--|---|-----|
| a) É especificada a existência de mapa de ruído?   | V | 2   |
|  | F | 0   |
| b) Não existem potenciais focos de poluição sonora na vizinhança mais próxima?                       | V | 4   |
|  | F | 0   |
| c) A integração ambiental do edifício assenta em classificação administrativa de zonamento acústico? | V | 3   |
|  | F | 1   |

## 2. Nível sonoro do ruído ambiente ( $L_{den}$ , $L_n$ )

Neste ponto os valores dos níveis sonoros do ruído ambiente são avaliados em função da classificação das zonas consideradas, situação A (figura 4.1).

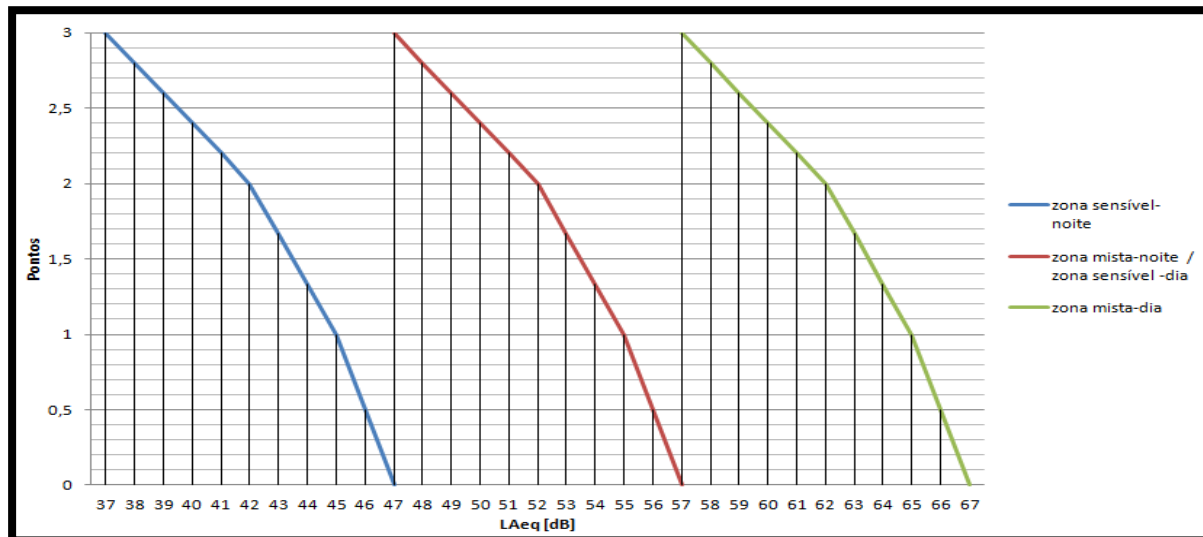


Figura 4.1 - Pontuação em função da classificação da zona, de dia ou de noite e valor dos níveis sonoros ambientes medidos (situação A), adaptado de (22)

No caso de ausência de classificação das zonas, a pontuação é atribuída conforme a situação B (figura 4.2).

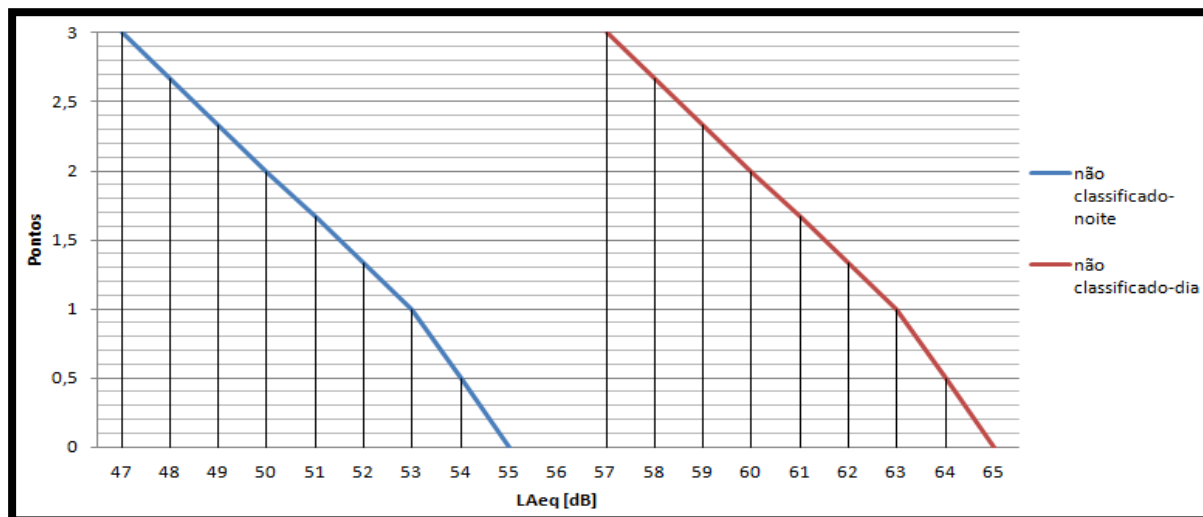


Figura 4.2 - Pontuação em função da classificação da zona, de dia ou de noite e valor dos níveis sonoros ambientes medidos (situação B), adaptado de (22)

Avaliação da componente vizinhança é então determinada da seguinte forma:

$$Vizinhança = \frac{1}{N} \sum_i^N P_{ti} \quad (4.2)$$

**N** - número de aspetos considerados, sendo no máximo igual a dois.

#### 4.2.4 Edifício

No segundo ponto são considerados os aspetos relacionados com a conceção do edifício, sendo esses aspetos quantificados através da verificação dos pressupostos indicados no quadro 4.7.

Quadro 4.7 - Pontuação dos pressupostos considerados no edifício (22)

|   |   | Pts |
|---|---|-----|
| 1.Na entrada principal foram devidamente consideradas medidas de condicionamento acústico referente ao ruído aéreo exterior?                    | V | 2   |
|   | F | 1   |
| 2.Nas áreas de acesso comum foram consideradas medidas relativas ao controlo do tempo de reverberação?  | V | 5   |
|   | F | 0   |
| 3.Nas áreas de acesso comum foram consideradas soluções apropriadas referentes ao ruído emitido pelos equipamentos de serviço?                  | V | 3   |
|   | F | 0   |
| 4.Nas áreas de acesso comum foram consideradas medidas específicas referentes às instalações de escoamento de águas e esgotos?                  | V | 3   |
|   | F | 1   |
| 5.Foi providenciada análise relativa ao isolamento sonoro da cobertura, quando há corpo de escadas de acesso coletivo?                          | V | 2   |
|   | F | 0   |
| 6.Não existe sobreposição vertical de compartimentos principais com vocação de utilização diferenciada (exemplo: sala sobre quartos)?           | V | 2   |
|   | F | 0   |
| 7.Não existe adjacência na horizontal de compartimentos principais com vocação de utilização diferenciada (exemplo: cozinhas anexas a quartos)? | V | 2   |
|   | F | 0   |
| 8.Os compartimentos de dormir e de estar não se encontram virados para zonas potencialmente ruidosas (exemplo: vias de tráfego terrestre)?      | V | 3   |
|   | F | 1   |
| 9.Não existem no edifício espaços comerciais, de serviços ou de diversão noturna?   | V | 5   |
|   | F | 0   |

Avaliação da componente edifício é então determinada da seguinte forma:

$$Edifício = \frac{1}{N} \sum_i^N P_{ti} \quad (4.3)$$

**N** - o número de aspetos considerados, sendo no máximo igual a nove.

**P<sub>ti</sub>** - pontuação de cada aspeto avaliado.

#### 4.2.5 Habitação

No terceiro nível físico são avaliados os requisitos relacionados com a habitação, para tal são considerados os parâmetros definidos no RRAE para edifícios habitacionais com o descritor acústico adicional para a situação de ruído entre sala e quartos no interior da mesma habitação.

1.  $D_{2m,nT,w}$  - Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do exterior do edifício
2.  $D_{nT,w}$  - Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre habitações
3.  $D_{nT,w}$  - Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre áreas comuns e habitações
4.  $D_{nT,w}$  - Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre áreas comerciais e habitações
5.  $L'_{nT,w}$  - Isolamento sonoro a sons de percussão provenientes do interior do edifício entre habitações
6.  $L'_{nT,w}$  - Isolamento sonoro a sons de percussão provenientes do interior do edifício entre áreas comerciais e habitações
7.  $L_{Ar,nT}$  - Isolamento sonoro a sons provenientes do interior do edifício entre equipamentos coletivos e habitações
8.  $D_{nT,w}$  - Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do Interior do edifício entre sala e quartos da habitação

Estes descritores são avaliados segundo ábacos, dispostos em (22), nos quais lhes é atribuída uma pontuação em função do seu valor. Nos ábacos dos 7 primeiros índices observa-se uma evolução na razão de 1:3 para a pontuação entre os valores um e dois e na razão de 1:5 para a pontuação entre dois e três conforme se ilustra nas figuras 4.3 e 4.4, o descritor associado ao nível de ruído de equipamentos segue a mesma evolução considerada para os sons de percussão. Para o índice oito, não regulamentar, o seu sistema de pontuação segue a progressão ilustrada na figura 4.5.

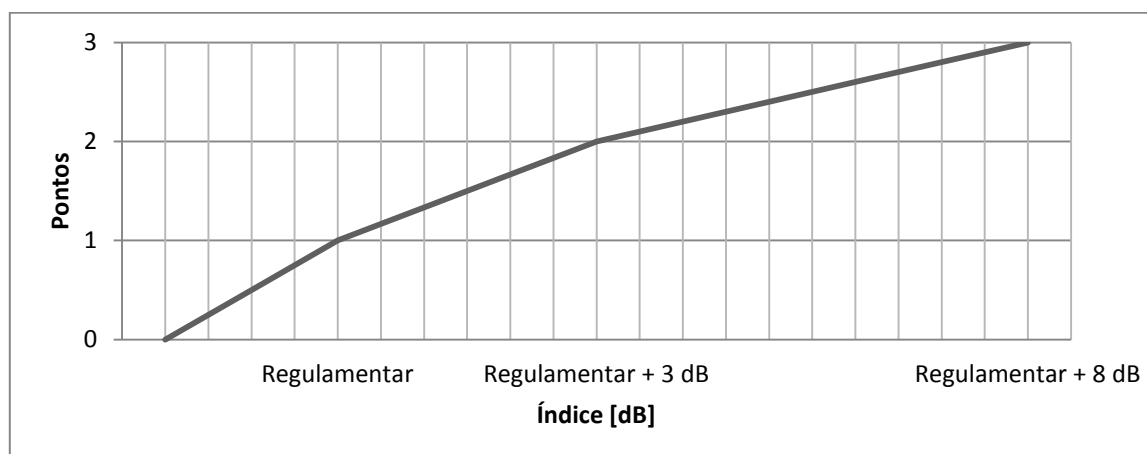


Figura 4.3 - Exemplo de ábaco para atribuição de pontos (sons aéreos)



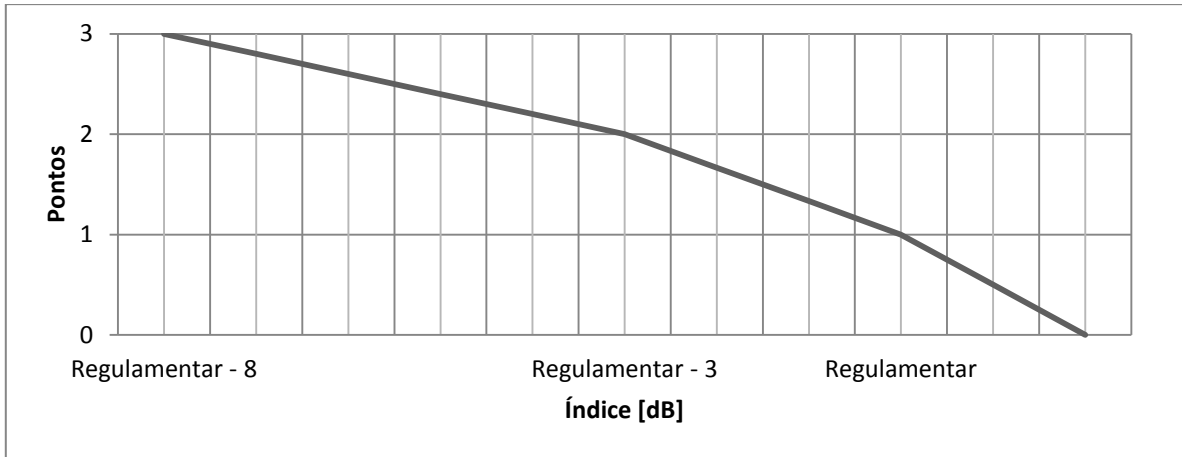


Figura 4.4 - Exemplo de ábaco para atribuição de pontos (sons de percussão)

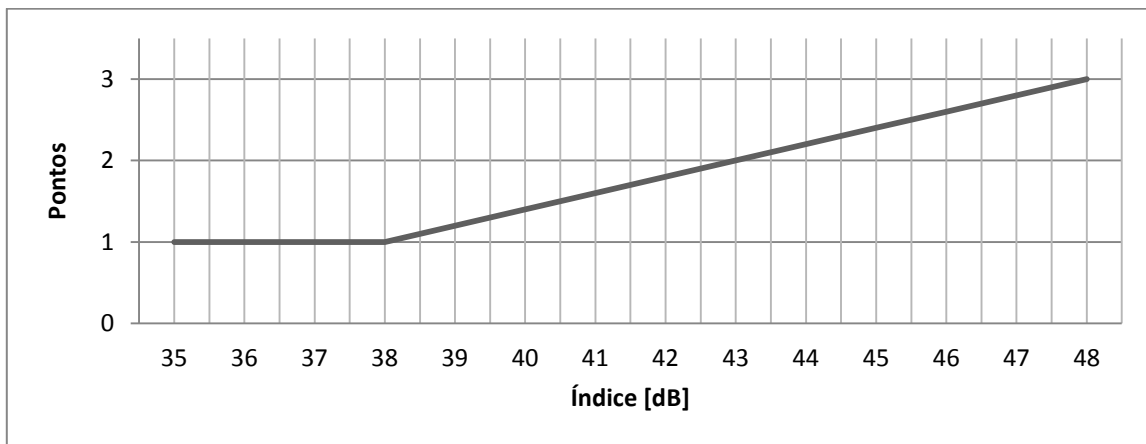


Figura 4.5 – Ábaco de atribuição de pontos para o índice 8 (interior da habitação)

Na utilização destes ábacos é recomendado, segundo (22), o cálculo da média energética de acordo com as seguintes expressões:

$$I_{final} = -10 \times \log \left[ \frac{1}{k} \times \sum_1^k 10^{-D_i/10} \right] dB \quad (4.4)$$

$I_{final}$  – Índice médio final;

$D_i$  – Isolamento da solução construtiva  $i$ ;

$k$  – Número de soluções construtivas consideradas.

$$I_{final} = 10 \times \log \left[ \frac{1}{k} \times \sum_1^k 10^{-L_i/10} \right] dB \quad (4.5)$$

$I_{final}$  – Índice médio final;

$L_i$  – Campo sonoro no espaço  $i$ ;

$k$  – Número de soluções construtivas consideradas.

O cálculo da média energética na utilização dos ábacos evita que a avaliação global da habitação em cada um dos parâmetros considerados seja comprometida pelo mau desempenho de um espaço em particular ou de um elemento construtivo. Desta forma, no caso de uma habitação apresentar, por exemplo para o isolamento sonoro a sons aéreos do exterior do edifício, para quatro compartimentos de zonas de estar, quatro valores diferentes para esse índice, a classificação não recai sobre o “melhor” ou o “pior” valor medido. No quadro 4.8 tem-se exemplificado esta situação.

Quadro 4.8 – Exemplo de aplicação da média energética

| Compartimento | $D_{2m,nT,w}$ | $10^{-D_i/10}$ | Pontos |
|---------------|---------------|----------------|--------|
| 1             | 33            | 0,000501       | 1      |
| 2             | 35            | 0,000316       | 1,7    |
| 3             | 38            | 0,000158       | 2,4    |
| 4             | 32            | 0,000631       | 0,5    |
| $I_{final}$   | 34            |                | 1,3    |

Avaliação da componente habitação é então determinada da seguinte forma:

$$Habitação = \frac{\sum_1^N \alpha_i P_{ti}}{\sum_i \alpha_i} \quad (4.6)$$

**N** - o número de aspetos considerados;

**P<sub>ti</sub>** - pontos atribuídos a cada parâmetro considerado;

**α<sub>i</sub>** - coeficiente de ponderação associado a cada parâmetro.

Quadro 4.9 – Parâmetros e coeficientes associados, considerados no método LNEC (22)

| Parâmetro   | Símbolo          | Coeficiente    |
|---|------------------|----------------|
| Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do exterior do edifício                                     | $D_{2m,nT,w}$    | $\alpha_1 = 4$ |
| Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre habitações                    | $D_{nT,w}$       | $\alpha_2 = 6$ |
| Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre áreas comuns e habitações     | $D_{nT,w}$       | $\alpha_3 = 2$ |
| Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre áreas comerciais e habitações | $D_{nT,w}$       | $\alpha_4 = 8$ |
| Isolamento sonoro a sons de percussão provenientes do interior do edifício entre habitações                         | $L'_{nT,w}$      | $\alpha_5 = 8$ |
| Isolamento sonoro a sons de percussão provenientes do interior do edifício entre áreas comerciais e habitações      | $L'_{nT,w}$      | $\alpha_6 = 6$ |
| Nível de avaliação do ruído de equipamentos coletivos em quartos e zonas de estar da habitação                      | $L_{Ar,nT}$      | $\alpha_7 = 5$ |
| Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do Interior do edifício entre sala e quartos da habitação   | $D_{nT,w}^{(1)}$ | $\alpha_8 = 1$ |

(1) – Parâmetro não regulamentar

## 4.2.6 Coeficientes de ponderação

No nível de avaliação acústica da habitação são considerados oito índices de desempenho acústico. A cada um destes índices é atribuído um coeficiente de ponderação, que tem como objetivo distinguir o peso que cada índice possui, entre o conjunto dos índices considerados, na classificação final do nível habitação.

Uma vez que estes valores pretendem representar a influência (distinta) que o ruído associado a cada índice terá no desempenho acústico da habitação, estão sujeitos à subjetividade inerente a todo o conceito de conforto acústico dependente de pessoa para pessoa. Esta relação entre os índices não deve ser avaliada de forma objetiva pois varia consoante as características sociais e culturais das pessoas em cada região. Esta questão não terá naturalmente uma resposta precisa e rigorosa, pelo que, a melhor forma de confrontar os valores definidos neste sistema de avaliação passará por estimar valores médios que possuam uma representatividade relevante em relação à população em causa.

A inclusão destes coeficientes no sistema de avaliação minimiza a possibilidade de duas habitações obterem a mesma classificação acústica com valores de índices de desempenho acústico muito diferenciados, situação que se pode traduzir numa discrepância no conforto acústico classificado.

Se for considerado o exemplo de duas habitações, habitação 1 e habitação 2, com as pontuações indicadas no quadro 4.10, para os índices de desempenho acústico considerados é possível verificar o impacto destes coeficientes de ponderação.

Quadro 4.10 – Exemplo do impacto dos coeficientes de ponderação

| Índice                    | Pontuação / Habitação 1 | Pontuação / Habitação 2 |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| $D_{2m,nT,w}$             | 2                       | 2                       |
| $D_{nT,w}$ (vizinhos)     | 1                       | 2                       |
| $D_{nT,w}$ (áreas comuns) | 2                       | 1                       |
| $L'_{nT,w}$ (vizinhos)    | 1                       | 2                       |
| $L_{Ar,nT}$               | 1,5                     | 1                       |
| $D_{nT,w}$ (interior)     | 1,5                     | 1                       |
| <b>S/coeficientes</b>     | 1,5 (B)                 | 1,5 (B)                 |
| <b>C/coeficientes</b>     | 1,2 (C)                 | 1,7 (B)                 |

Ambas as habitações reúnem nove pontos no total dos seis índices avaliados mas apenas a habitação 2 possui uma distribuição desses pontos adequada a uma classe de conforto acústico recomendada, ou seja, correspondente ao nível B.



## **5 Elaboração do inquérito**

### **5.1 Introdução**

Um inquérito pode incidir sobre opiniões, atitudes ou informação factual, em função do objetivo, mas todos os inquéritos envolvem a formulação de questões a indivíduos. Se usados corretamente, são instrumentos eficazes para obtenção da informação pretendida a partir da análise das respostas de um grande número de inquiridos, e são flexíveis no sentido em que pode ser recolhida uma grande variedade de informação. Por outro lado, o sucesso de um inquérito depende da motivação, honestidade, memória e capacidade de resposta dos sujeitos, e se a amostra recolhida não for representativa da população então as características da população não podem ser inferidas.

Na elaboração do inquérito foram consultados os princípios da (23), esta norma indica critérios para a realização de inquéritos que incluam questões sobre os efeitos do ruído, inclui recomendações sobre a forma de elaborar estas questões, escalas de resposta, e aspetos fundamentais para conduzir o inquérito e para produzir o relatório dos resultados

Conforme a secção seis da norma, “especificações para avaliar o grau de incomodidade”, devem-se apresentar os resultados dos questionários como uma frequência das contagens individuais de incomodidade, se disponível para cada categoria de exposição ao ruído. Outras estatísticas podem ser apresentadas de forma resumida, como sejam a média ou a mediana das contagens de incomodidade, ou a percentagem de inquiridos que estão incomodados num determinado grau.

Nenhuma especificação é fornecida para definir a percentagem de inquiridos que deverão ser considerados como tendo, pelo menos, um determinado grau de incomodidade, como por exemplo “muito” incomodado. Isto depende dos valores limite usados em cada país ou preferidos por cada investigador. Com base na distribuição de frequências especificada poderá ser escolhido qualquer valor limite (23).

### **5.2 Planeamento**

#### **5.2.1 Processo construtivo**

Elaborar um inquérito implica um processo de múltiplos passos em que cada etapa é claramente definida desde a forma de recolha de informação até à apresentação dos resultados.

Segundo (24), a conceção de um inquérito pode ser organizada em cinco etapas:

1. Seleção da amostra populacional
2. Receção da informação
3. Tratamento da informação
4. Análise estatística dos dados
5. Publicação dos resultados

A primeira fase consiste na execução de um plano para a amostra populacional pretendida e que dimensão deverá apresentar para alcançar determinada precisão nos resultados. A esta etapa estão associados erros derivados de representatividade da amostra escolhida em relação a toda a população.

A segunda fase serve para se estabelecer um plano para definir como se irá obter os dados pretendidos e a forma de proceder à sua receção, ou seja, é nesta etapa em que se define se o inquérito será efetuado sobre forma de entrevista pessoal, por telefone, via email ou outra qualquer via disponível. Os erros associados a esta fase são essencialmente erros de medição, ou seja, situações em que o inquirido responde de forma incorreta, intencionalmente ou não, ou se o questionário não é bem interpretado.

A terceira fase implica o tratamento dos dados recolhidos para as operações posteriores de estimação e análise. É nesta fase que os dados são organizados e codificados, ou seja, a informação adquirida é transcrita de forma a facilitar depois a sua análise. É também neste processo que são aplicados, caso existam, os filtros das respostas de acordo com os critérios de validação adotados, nomeadamente para verificar a coerência das respostas dadas. Os erros suscetíveis de ocorrer nesta fase estão diretamente ligados à transcrição da informação.

A quarta fase baseia-se num conjunto de operações estatísticas efetuadas sobre os dados obtidos, entre as quais se calculam indicadores tais como a variância, a média, o intervalo de confiança, a correlação entre dados, etc.

A fase final passa por efetuar a publicação dos resultados do inquérito e uma exposição das condições em que o estudo foi desenvolvido.

### **5.2.2 Objetivo**

O objetivo do inquérito incorporado neste estudo é o de apurar junto da população o peso diferencial de cada um dos ruídos considerados, na perceção do conforto acústico da habitação. Esses dados deverão ser traduzidos em valores numéricos relativos a uma escala definida a fim de relacionar os diferentes índices considerados.

### **5.2.3 Público-alvo**

Na conceção de um questionário, um dos aspetos a ter em conta é o público-alvo. A definição do público visado permite estudar, entre outros aspetos, o vocabulário empregue que melhor se adequa ao público.

O inquérito foi elaborado visando um público-alvo constituído por pessoas residentes em Portugal, de preferência na faixa etária dos 26 aos 65 anos por se presumir encaixar num perfil de pessoa com mais maturidade, e que possui, ou procura, adquirir uma habitação, e portanto que seja uma pessoa mais sensível a este tipo de assuntos relacionados com a qualidade das habitações.

O recurso a uma ferramenta de preenchimento *online* e a sua distribuição através das redes sociais foi a forma encontrada para fazer chegar o inquérito ao maior número possível de pessoas. Esta particularidade na forma de distribuição do inquérito introduz uma nova característica na amostra populacional que se irá obter, residentes em Portugal que possuam ligação de internet. Não sendo este um aspeto relevante no estudo em si, poderá ter influência no nível da representatividade da amostra e na sua distribuição geográfica.

## **5.2.4 Conceção das questões**

Na conceção das perguntas a incluir num questionário é preciso ter em conta que tipo de questões se irá utilizar, e quais as vantagens e desvantagens associadas a cada tipo. O vocabulário que deve ser empregue, em função da informação que se pretende extrair do público, é também fundamental por forma a evitar interpretações erradas, e também adequar o grau de complexidade nos termos usados ao público em causa. (25) Por fim, mas também relevante, a ordem com que se apresenta as questões no inquérito deve seguir uma lógica, facilitando o raciocínio por parte do inquirido.

### **Tipo de questões**

No que se refere ao tipo de questões a considerar para aplicação no inquérito temos as seguintes opções:

- 1) Questões fechadas – o inquirido apenas seleciona a opção, de entre as apresentadas, que mais se adequa à sua opinião.
- 2) Questões abertas – o inquirido tem a liberdade de escrever a sua resposta como quiser.
- 3) Questões semiabertas – ao inquirido são dadas algumas hipóteses de respostas havendo também a opção de escrever a sua resposta caso esta não se inclua nas opções apresentadas.

Uma vez que se pretende que este inquérito seja difundido por uma ferramenta de preenchimento *online* através das redes sociais, é quase imperativo que se opte pelas questões fechadas uma vez que proporcionam maior rapidez e comodidade de resposta, permitindo um fácil tratamento e análise dos dados devido à facilidade de quantificação dos resultados.

### **Vocabulário utilizado**

A linguagem a usar neste tipo de inquéritos sócio acústicos deve seguir certas recomendações. Dada a especificidade do tema abordado, existem certas expressões que são mais adequadas. Para cumprir este requisito, foram incluídas algumas recomendações estipuladas na norma NP 4476 (23), que se descrevem de seguida.

Na utilização do termo “ruído” sempre que se pretenda referir um som indesejável, e devem normalmente ser empregues as expressões “incomoda” ou “perturba”, que são expressões tidas como necessárias para transmitir uma impressão geral de uma reação negativa.

Um pouco mais específico, e porque é comum utilizar respostas em forma de escala, é frequente a utilização de termos como “absolutamente nada” que traduz a menor incomodidade possível seguindo-se na ordem crescente de incomodidade os termos “ligeiramente”, “moderadamente”, “muito” e “extremamente”, sendo esta última a que traduz a maior incomodidade possível.

## **Ordem das questões**

As questões elaboradas num inquérito devem seguir uma ordem crescente de complexidade. Na ordem escolhida no presente trabalho seguiu-se a lógica de iniciar o questionário com perguntas de caracterização da amostra populacional, sucedendo-se as questões intermédias de familiarização com o tema abordado, e por fim, as questões de indicação direta dos valores relativos de incomodidade dos ruídos em causa e de importância das proteções e controlo relativamente a esses ruídos.

## **5.3 Inquérito-piloto**

### **5.3.1 Planeamento**

No âmbito da preparação do inquérito-piloto, a escala numérica de 11 pontos (0 – 10) foi escolhida por se julgar de melhor compreensão. A maior parte das pessoas está familiarizada com os sistemas numéricos da base 10. O valor 0 da escala deve sempre significar “absolutamente nada” e o valor 10 deve significar “extremamente”. Para além da escolha possível na escala numérica deve ser dada a opção “N.A.” correspondente aos casos em que a situação “não se aplica” ou “não sabe”.

Entre as várias recomendações a ter em conta na elaboração do inquérito salienta-se a aplicação de um número ímpar de opções como respostas, pois facilitam a identificação de um ponto médio, e a utilização de questões em vez de afirmações para evitar as escalas de concordância/discordância, pois nesses casos os inquiridos estão mais propensos a concordar com as afirmações independentemente do que elas representem. Sempre que uma questão é introduzida no questionário, deve ter algum objetivo em vista que posteriormente será usado na análise das respostas obtidas. Deve ser evitada a colocação de muitas questões na esperança de extrair um “perfil” sem uma ideia muito concreta da contribuição de cada uma das questões para esse perfil.

As fontes de ruído devem ser descritas no mesmo nível de abstração, se um dos propósitos do inquérito for o de realizar comparações entre a incomodidade ao ruído causado por diferentes fontes.

Em todas as fontes identificadas são dados exemplos concretos, à exceção do ruído proveniente de espaços comerciais por haver uma grande variedade de ruídos específicos que podem ocorrer nesses espaços e aos diferentes tipos de atividade comercial que aí podem ocorrer. (23).



Outro dos aspetos a ter em conta num questionário é a consistência interna do mesmo. Algumas questões, quando respondidas, estabelecem um contexto quanto a quem as respondeu, que convém ter em conta em questões subsequentes.

### 5.3.2 Aplicação

Num total de 16 questões criadas com base em todas as indicações já referidas foi elaborado um inquérito-piloto para testar o desempenho do questionário criado, numa pequena amostra populacional, antes de iniciar todo o processo de distribuição e divulgação do questionário. Para ser uma simulação válida, aplicou-se no inquérito-piloto a mesma estratégia de distribuição através das redes sociais para, desta forma, verificar se a mesma é ou não viável.

Por forma a comprovar a consistência das respostas obtidas pelo inquérito e, consequentemente, se este foi bem estruturado para o público-alvo, desenvolveu-se um processo de validação das respostas a aplicar ao inquérito-piloto conforme é indicado no “Método de Validação de Respostas”.

### 5.3.3 Método de Validação de Respostas

Este processo tem como base a comparação dos valores indicados para cada ruído considerado com as perguntas precedentes nas quais os inquiridos estabelecem *à priori* uma relação entre a incomodidade de alguns dos tipos de ruído apresentados. Para além desta situação são também excluídas outras situações irregulares como por exemplo as respostas com indicação do mesmo valor de incomodidade para todos os tipos de ruído.

Processo de validação:

1. Comparar os ruídos mais incomodativos com os respetivos graus de incomodidade atribuídos
2. Excluir respostas com graus de incomodidade iguais para todo o tipo de ruído
3. Excluir concelhos não identificáveis
4. Comparar tipologia da habitação com os ruídos mais incomodativos e excluir os seguintes casos em que:
  - a. casa isolada com:
    - i. ruído de vizinhos
    - ii. ruído de equipamentos
    - iii. ruído de áreas comuns
    - iv. ruído de espaços comerciais
  - b. casa geminada com:
    - i. ruído de equipamentos
    - ii. ruído de áreas comuns
    - iii. ruído de espaços comerciais
  - c. último andar, andar intermédio e rés-do-chão de edifício multifamiliar com:
    - i. ruído de espaços comerciais

5. Excluir o seguinte caso:

- a. nº de residentes = 1 com ruído entre sala e quartos como mais incomodativo

Este método de validação de respostas reduz a amostra inicial de **307** respostas a **257** respostas, o que traduz uma eficiência de 84% (figura 5.1).

Os dados recolhidos nesta fase serviram exclusivamente para averiguar a eficiência do inquérito ao nível do número de respostas válidas recolhidas. Apesar de com estes dados se ter uma ideia dos valores que se poderá obter depois no inquérito final, não foi feito, nesta fase, qualquer tratamento estatístico nesse sentido.

A informação que se obteve com o inquérito-piloto permitiu avançar para a fase seguinte com confiança de que o inquérito final se encontrava em plenas condições de recolher um número de respostas significativo.

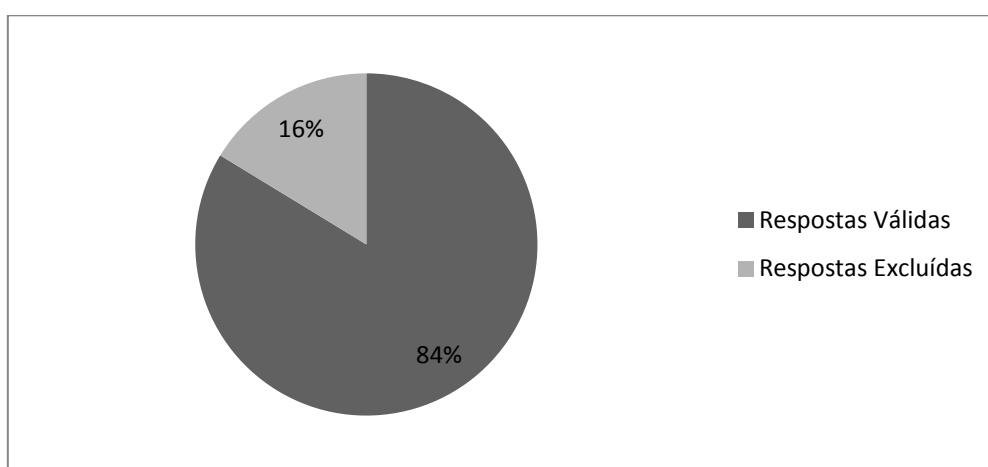


Figura 5.1 – Eficiência do inquérito piloto

## 5.4 Inquérito-final

Após a constatação da eficiência do inquérito-piloto foram efetuados alguns ajustes com base nas reações que se foram registando ao longo deste processo, tais como a inclusão de uma questão aberta dando liberdade ao inquirido para referir alguma situação pertinente em termos de incomodidade de cada tipo de ruído na habitação.

No que se refere à produção do esquema do inquérito a ser aplicado, o mesmo é descrito em seguida pelas 16 questões que o constituem e que podem ser visualizadas no anexo 1 A.

### Questão nº 1

Inicia-se o questionário pedindo aos inquiridos que indiquem numa escala de 0 a 10, sendo 0 Absolutamente Nada e 10 Extremamente, o valor que melhor representa o seu grau de sensibilidade ao ruído em geral. Esta questão tem o intuito de familiarizar o inquirido com a escala numérica e o tema abordado.

### **Questão nº 2**

Indicação da idade do inquirido, dando a escolher um dos seguintes grupos etários:

- 18 a 25
- 26 a 39
- 40 a 65
- + de 65

Esta questão satisfaz a necessidade de caraterizar a faixa etária da população inquirida tendo em conta que os grupos visados para análise serão os de 26 a 65 anos de idade.

### **Questão nº 3**

Indicação do concelho de residência do inquirido, deixando um campo por preencher em que o inquirido escreve o nome do respetivo concelho. Esta questão permite obter a distribuição das respostas no território nacional.

### **Questão nº 4**

Indicação do tipo de zona, pergunta fechada em que o inquirido refere se vive numa zona rural ou urbana.

### **Questão nº 5**

Indicação do tipo de habitação do inquirido, dando a escolher uma das seguintes situações:

- Casa isolada;
- Casa geminada;
- Último andar de edifício multifamiliar;
- Andar intermédio de edifício multifamiliar;
- Rés-do-chão de edifício multifamiliar;
- Primeiro andar de edifício multifamiliar com espaço comercial adjacente

### **Questão nº 6**

Indicação do número de residentes da habitação

### **Questão nº 7**

Indicação da idade da habitação

### **Questão nº 8**

Indicação dos anos de residência do inquirido na habitação

### **Questão nº 9**

Indicação da proximidade a vias de tráfego principais

**Questão nº 10**

Indicação, da lista apresentada, dos tipos de ruídos que o inquirido considere mais incomodativos

**Questão nº 11**

Comparação entre ruídos aéreos e de percussão provenientes das habitações vizinhas.

**Questão nº 12**

Indicação do valor, na escala numérica de 0 a 10, que melhor represente a incomodidade do inquirido aos tipos de ruídos apresentados. Esquema em grelha com os ruídos indicados com o intuito de no momento de escolher os valores para os ruídos o inquirido compare os valores que atribui a cada um deles.

**Questão nº 13**

Indicação, da lista apresentada, das proteções sonoras que o inquirido considere mais importantes

**Questão nº 14**

Indicação do valor, na escala numérica de 0 a 10, que melhor represente a importância que o inquirido atribui a cada uma dos isolamentos sonoros. Esquema, em grelha, com as proteções indicadas para que no momento de escolher os valores da escala, o inquirido tenha uma vista geral de todos, indicando o valor de cada um conhecendo o conjunto total.

**Questão nº 15**

Indicação da existência de alguma fonte de ruído incomodativa não abordada neste inquérito.

**Questão nº 16**

Continuação da questão 15 com indicação, em formato de resposta aberta, de algum ruído incomodativo. É importante a existência desta questão em formato aberto de modo a não frustrar o inquirido, limitado às opções de respostas oferecidas, pois existe uma atitude generalizada perante o inquérito de que este é uma boa forma da população expor as suas reclamações quanto aos ruídos incomodativos.

## 6 Tratamento e análise de dados

### 6.1 Introdução

Após realização do inquérito, procedeu-se ao tratamento e análise estatística dos resultados obtidos. Os dados foram organizados com recurso ao *software Microsoft Office - Excel 2007*.

Para cada um dos coeficientes a estimar, obteve-se a distribuição das respostas adquiridas das questões de incomodidade e da importância do isolamento sonoro aos ruídos tipificados. Considerando a expressiva dimensão das amostras populacionais, foi possível, recorrendo ao teorema do limite central, fazer uma aproximação a distribuições normais, e assim determinar um valor médio inserido num intervalo de confiança de 95%.

A estimação por intervalos permite, a partir da recolha de uma única amostra, aferir entre que valores seria de esperar que variasse o parâmetro de interesse se fosse possível recolher um número infinito de amostras (26).

O intervalo de confiança é um intervalo de variação onde é possível afirmar que o parâmetro a estimar está contido com um certo grau de confiança (26).

*“Teorema Central do Limite enuncia que, sob a hipótese de amostragem aleatória, quando o tamanho da amostra aumenta, a distribuição amostral da média amostral aproxima-se de uma distribuição normal com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2/n$ , ou seja, se o tamanho amostral é suficientemente grande, é possível assumir que a média amostral tem uma distribuição normal”* (27).

### 6.2 Descrição da amostra

#### 6.2.1 Introdução

O público-alvo deste inquérito social baseou-se em pessoas residentes em Portugal com acesso a *internet*. Para o estudo em questão decidiu-se excluir a faixa etária dos 18 aos 25 e com mais de 65 anos pois são grupos que geralmente manifestam uma postura de alguma indiferença perante a incomodidade ao ruído na habitação. Um homem nos seus 70 anos sofre uma perda de audição superior a 20 dB, verificando-se o mesmo para uma mulher nos seus 80 anos. (28).

Uma vez obtida a amostra populacional na faixa etária pretendida, passou-se a lidar com um conjunto de 784 respostas, procedendo-se à sua descrição, conforme os aspetos a seguir referidos.

#### 6.2.2 Sensibilidade ao ruído

No conjunto total das respostas consideradas foi possível discriminar a população quanto ao grau de sensibilidade ao ruído indicado numa escala numérica de 0 a 10.

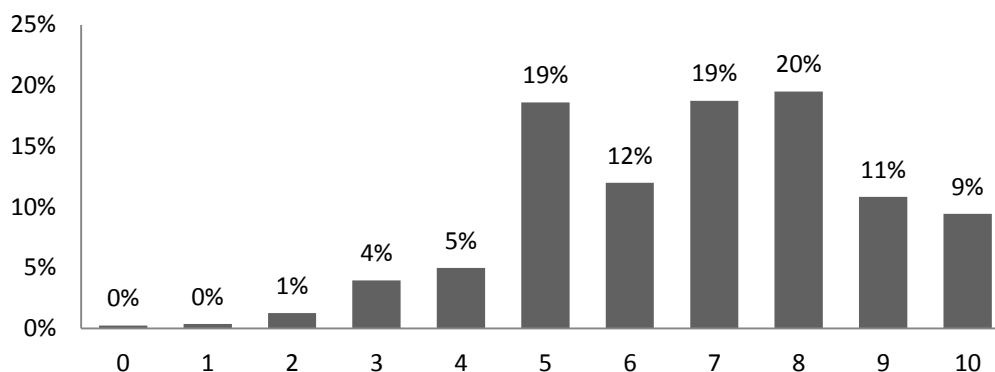


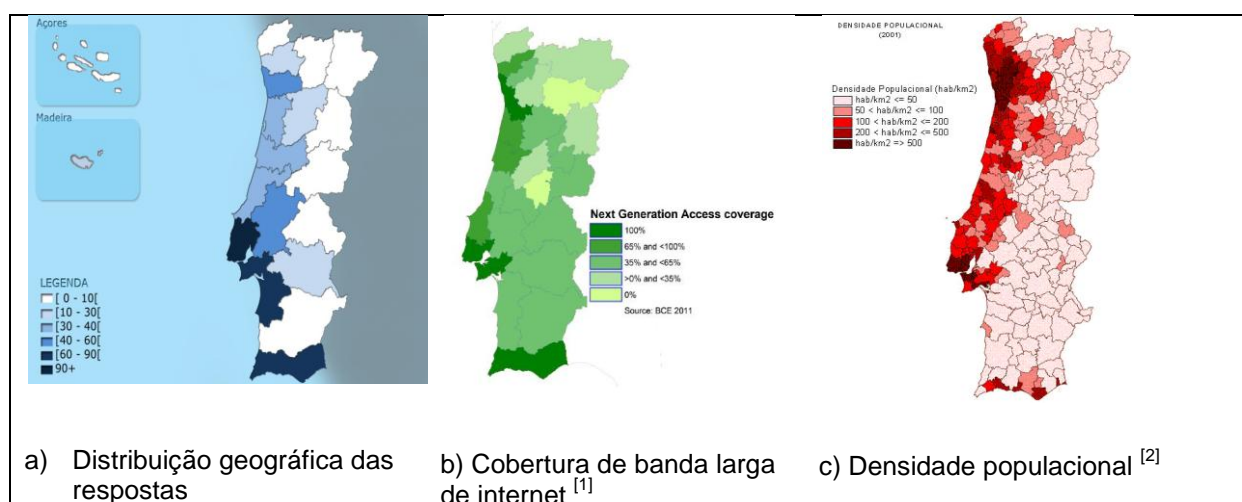
Figura 6.1 – Distribuição das respostas quanto ao grau de sensibilidade ao ruído

Observa-se que 80% dos inquiridos indicaram um grau de sensibilidade ao ruído igual ou superior a 5 numa escala de 0 a 10. A sensibilidade média da população inquirida equivale a 7 numa escala de 0 a 10.

### 6.2.3 Distribuição geográfica

Para verificar a influência do meio utilizado no envio do inquérito foi comparada a representatividade geográfica das respostas obtidas com a cobertura de banda larga de *internet* em Portugal e a densidade populacional (Figura 6.2). Verificou-se que os distritos com maior número de respostas coincidem com distritos de maior densidade populacional e de maior cobertura.

A distribuição de respostas obtida evidencia que o distrito com maior representatividade é Lisboa, com mais de 400 respostas, sendo que os distritos com maior representatividade, a seguir a Lisboa, só contam com cerca de 70 a 100 respostas.



[1] Broadband Coverage in Europe in 2011

[2] [http://geog.no.sapo.pt/mapas\\_portugal.html](http://geog.no.sapo.pt/mapas_portugal.html)

Figura 6.2 – Comparação entre distribuição geográfica das respostas, da cobertura de internet e da densidade populacional.

#### 6.2.4 Zona rural/urbana

Em termos de caracterização da zona da residência dos inquiridos foi possível distinguir que 85% dos inquiridos afirmam residir numa zona urbana, contrastando com os restantes 15% que residia em zonas rurais. Esta distinção da zona de residência será importante para recolher as subamostras pretendidas para cada parâmetro.

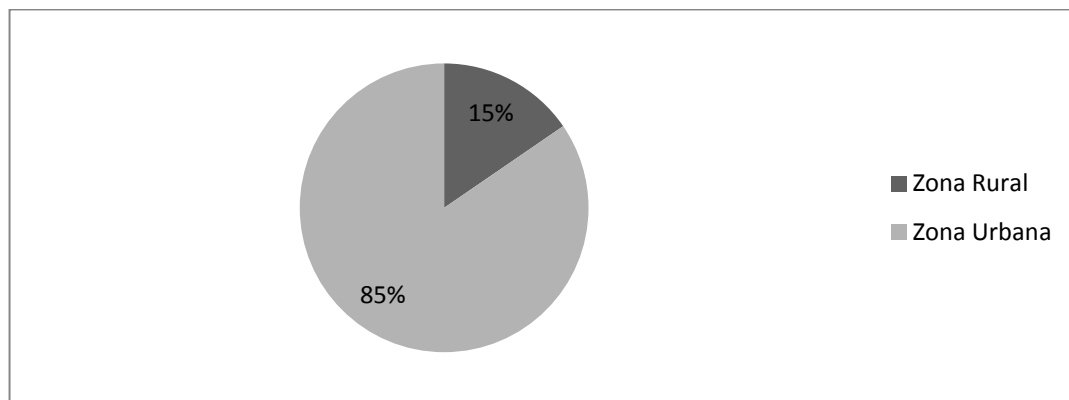


Figura 6.3 – Distribuição das respostas quanto ao tipo de zona rural ou urbana

#### 6.2.5 Tipo de habitações

A distinção do tipo de habitação permite selecionar as subamostras populacionais que melhor se enquadram para estimar a incomodidade média dos tipos de ruídos associados a cada índice regulamentar. Por exemplo, considerando os ruídos que advêm de espaços comerciais, estes far-se-ão sentir com maior intensidade nos ocupantes de habitações sobrejacentes a esses espaços comerciais.

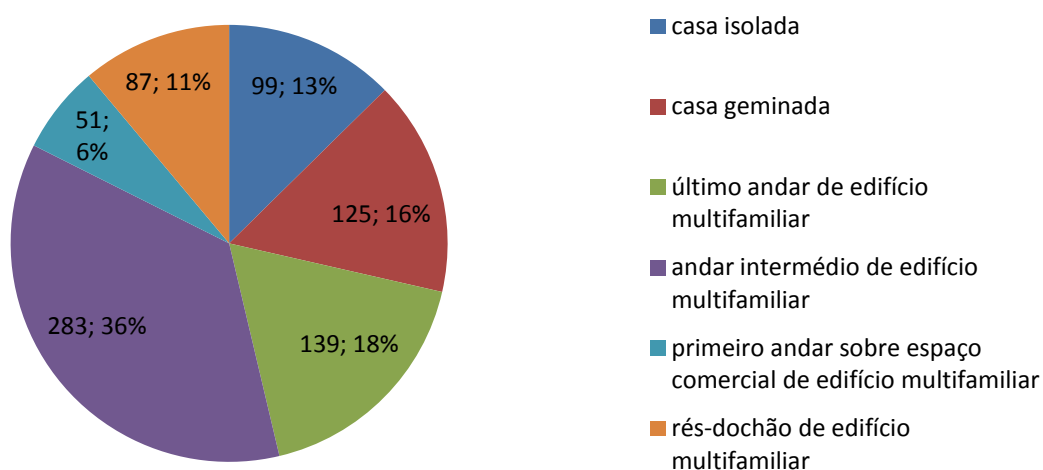


Figura 6.4 – Distribuição das respostas quanto ao tipo de habitação

### 6.2.6 Número de residentes

O número de residentes numa habitação é particularmente importante na caracterização do ruído no interior da habitação. Este fator terá maior influência na incomodidade média ao ruído entre zonas de estar e quartos da própria habitação.

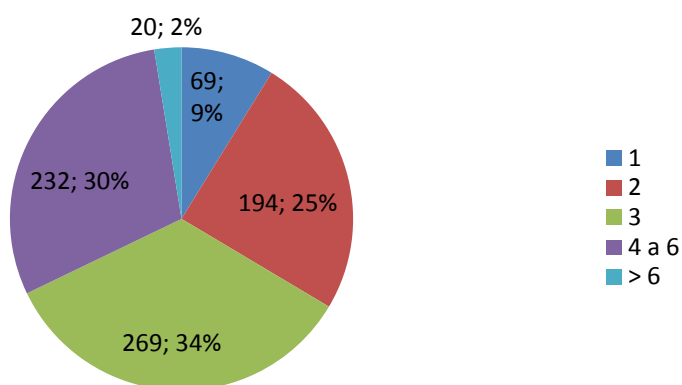


Figura 6.5 – Distribuição das respostas segundo o número de residentes da habitação

### 6.2.7 Idade da habitação

A data de construção da habitação pode ser um fator a ter em conta, considerando a evolução das soluções construtivas ao longo do tempo e a evolução da legislação relativa ao desempenho acústico dos edifícios. Assim, das respostas obtidas, a distribuição apresenta-se na figura 6.6.

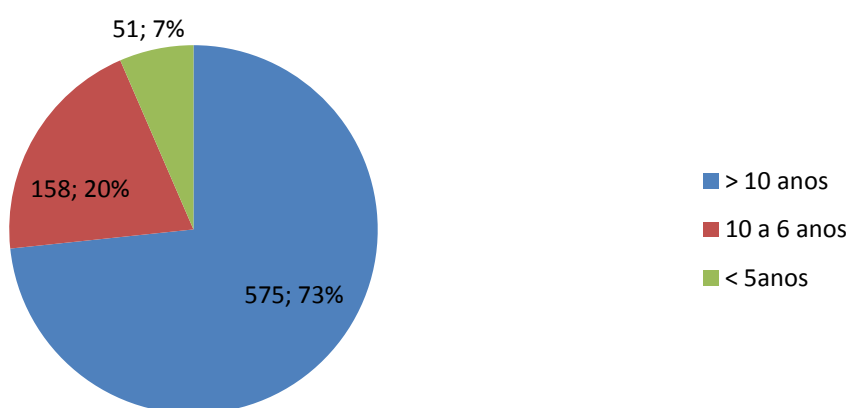


Figura 6.6 – Distribuição das respostas segundo a idade da habitação



### 6.2.8 Anos de residência

É relevante caracterizar a amostra populacional quanto ao seu tempo de residência. Este fator terá influência devido ao efeito provocado pela habituação de uma pessoa ao ruído a que está exposta do seu cotidiano.

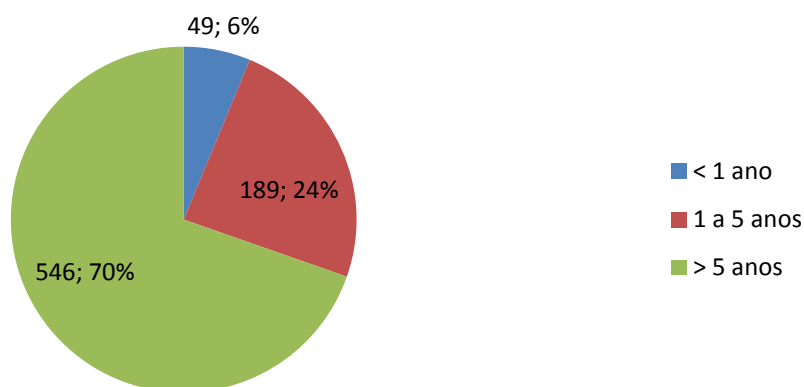


Figura 6.7 – Distribuição das respostas de acordo com o tempo de residência na habitação

### 6.2.9 Proximidade de via de tráfego

A caracterização da amostra populacional em função da existência ou não de uma via de tráfego próxima da habitação é relevante, na medida em que é um fator com influência direta na apreciação da incomodidade causada pelo ruído exterior.

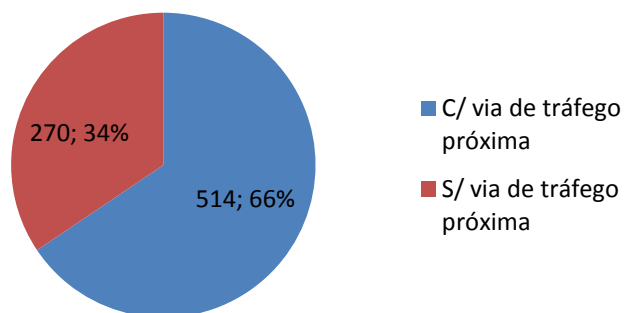


Figura 6.8 – Distribuição das respostas quanto à proximidade de via de tráfego

## 6.3 Análise dos resultados

### 6.3.1 Considerações gerais

Após a caracterização da amostra populacional inquirida, foram selecionadas sub-amostras para cada um dos coeficientes a estimar. Para cada coeficiente foi elaborada uma descrição da sub-amostra a partir da qual são apresentados os valores relativos à incomodidade ao tipo de ruído e os valores relativos à importância do isolamento sonoro a esse ruído acompanhados da respetiva média, variância, desvio-padrão e o intervalo de confiança a 95%.

### 6.3.2 Fachada ( $\alpha_1$ )

Para o coeficiente  $\alpha_1$ , associado ao índice de isolamento sonoro de fachada, a amostra populacional é constituída por residentes em zonas urbanas, sem influência de vias de tráfego principais. Esta amostra corresponde a um total de 436 respostas. Destas 436 respostas 29 indicaram “N.A” (não sabe / não se aplica).

#### Incomodidade do ruído considerado

A partir da análise efetuada aos dados, verifica-se que das 407 respostas válidas, 11% da população indicou para o ruído proveniente do exterior um nível de incomodidade nulo (absolutamente nada incomodativo), contrastando com os 2% que indicou um nível máximo de incomodidade, valor 10 (extremamente incomodativo). A maioria, 14%, indicou um nível de incomodidade igual a 2 na escala numérica sugerida no inquérito. Como consequência da análise da distribuição das respostas resultam os valores indicados no quadro 6.2, valor médio da incomodidade ao ruído exterior e respetivo intervalo de confiança.

Quadro 6.1 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_1$

|                     | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8   | 9  | 10 | Total |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 43  | 51  | 55  | 47  | 42  | 31 | 38 | 29 | 41  | 21 | 9  | 407   |
| Frequência Relativa | 11% | 13% | 14% | 12% | 10% | 8% | 9% | 7% | 10% | 5% | 2% | 100%  |

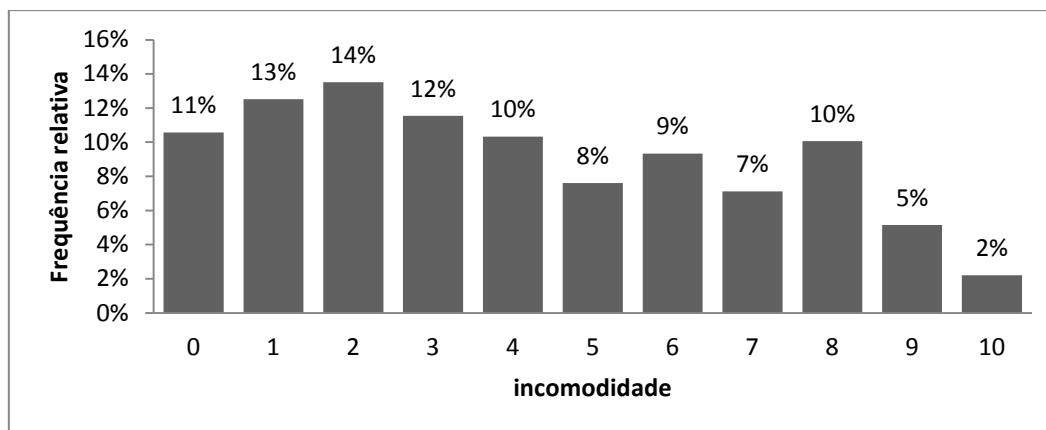


Figura 6.9 – Distribuição das respostas para a incomodidade ao ruído aéreo do exterior ( $\alpha_1$ )

Quadro 6.2 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 4,09          |
| Variância                    | 8,26          |
| Desvio Padrão                | 2,87          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [3,81 – 4,37] |

### Importância do isolamento do ruído considerado

A partir da mesma amostra populacional, observando agora os resultados relativamente à questão do isolamento ao ruído exterior, verifica-se que das 436 respostas, 17 indicaram “N.A” (não se aplica / não sabe).

Considerando a totalidade das 419 respostas obteve-se a distribuição representada na figura 6.10. Nesta figura é possível identificar um pico de respostas, 36%, para o nível máximo de incomodidade, os restantes níveis de incomodidade apresentam valores compreendidos entre 4% e 10% de respostas.

Como consequência da análise da distribuição das respostas considerada resulta os valores indicados no quadro 6.4, valor médio da incomodidade ao ruído exterior e respetivo intervalo de confiança.

Quadro 6.3 – Distribuição das respostas relativas ao isolamento para  $\alpha_1$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 18 | 23 | 26 | 25 | 15 | 35 | 17 | 29 | 40  | 40  | 151 | 419   |
| Frequência Relativa | 4% | 5% | 6% | 6% | 4% | 8% | 4% | 7% | 10% | 10% | 36% | 100%  |

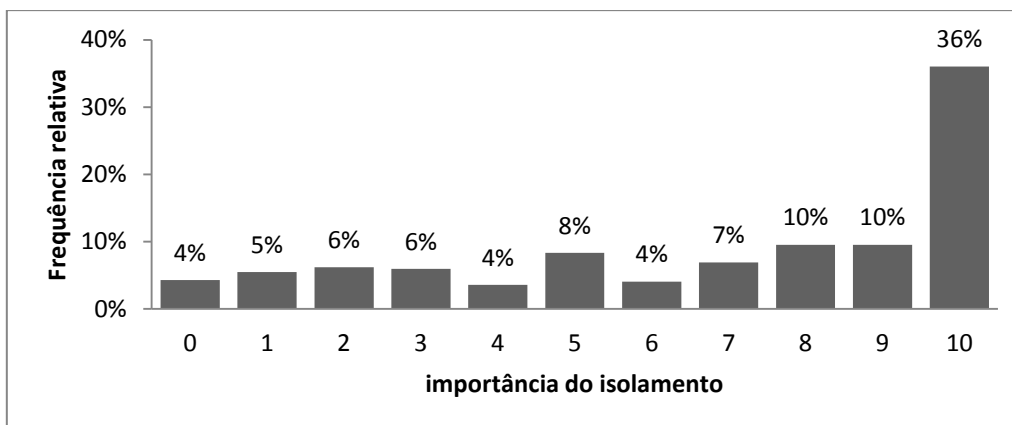


Figura 6.10 - Distribuição das respostas segundo a importância do isolamento ao ruído aéreo proveniente do exterior ( $\alpha_1$ )

Quadro 6.4 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 6,87          |
| Variância                    | 10,99         |
| Desvio Padrão                | 3,31          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [6,56 – 7,19] |

### Influência da via de tráfego na incomodidade média

A amostra populacional cuja residência se localiza próxima de uma via de tráfego principal terá, à partida, uma sobrevalorização da incomodidade média ao ruído exterior. Este facto é verificado na figura 6.11 na qual, com base na totalidade das respostas (784), se mostra que a população com residência próxima de uma via de tráfego atribui um valor de 7,00 (numa escala de 0 a 10) à incomodidade média ao ruído exterior, em comparação com a amostra populacional com residência sem proximidade de uma via de tráfego.



Figura 6.11 – Influência da via de tráfego na incomodidade média devida ao ruído exterior

### Influência do tempo de residência na incomodidade média ao ruído exterior

O tempo de residência é um fator pertinente na medida em que as pessoas, geralmente, habitam-se aos ruídos a que estão expostas no seu quotidiano, desvalorizando os mesmos. Tal

facto é verificado na figura 6.12, na qual se mostra que à medida que aumenta a variável “anos de residência” diminui o valor de incomodidade média ao ruído exterior.



Figura 6.12 – Influência do tempo de residência na incomodidade média devida ao ruído exterior

### 6.3.3 Vizinhos ( $\alpha_2$ )

Em relação ao coeficiente  $\alpha_2$ , associado ao índice de isolamento sonoro a sons aéreos entre fogos, a amostra populacional é definida por inquiridos cuja habitação seja uma casa geminada ou um edifício multifamiliar. Esta amostra contém um total de 382 respostas, das quais 8 indicavam “N.A.”.

Para este coeficiente, as respostas foram submetidas a um processo de validação adicional, comparando os resultados da questão 11 com os valores indicados na questão 12 do inquérito.

#### Incomodidade do ruído considerado

A partir da análise efetuada à distribuição das respostas, verifica-se que 14% dos inquiridos indicaram o valor correspondente ao nível de incomodidade máximo, assim como também se constata que 68% dos inquiridos indicam uma incomodidade igual ou superior a 5, na escala numérica sugerida.

Com base na análise da distribuição das respostas resultam os valores indicados no quadro 6.6, valor médio da incomodidade ao ruído exterior e respetivo intervalo de confiança.

Quadro 6.5 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_2$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 16 | 28 | 26 | 29 | 20 | 54  | 29 | 35 | 47  | 38  | 52  | 374   |
| Frequência Relativa | 4% | 7% | 7% | 8% | 5% | 14% | 8% | 9% | 13% | 10% | 14% | 100%  |

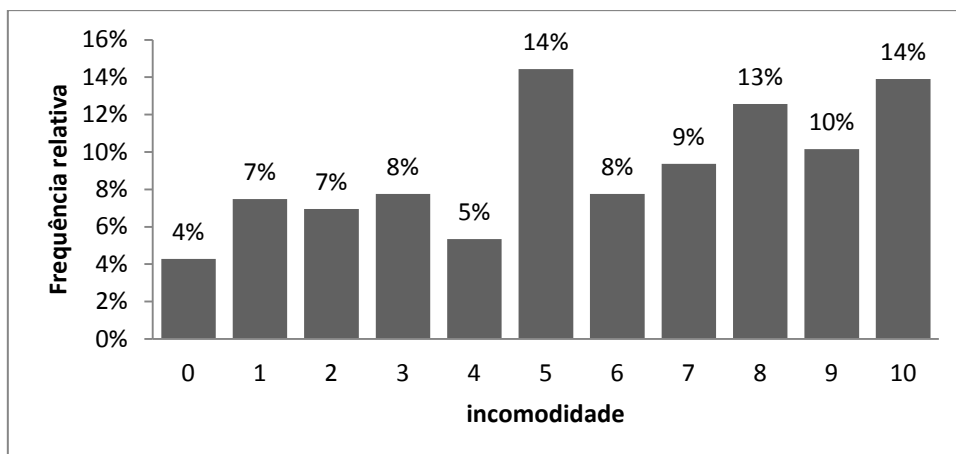


Figura 6.13 - Distribuição das respostas segundo a incomodidade ao ruído aéreo entre fogos ( $\alpha_2$ )

Quadro 6.6 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 5,81          |
| Variância                    | 9,28          |
| Desvio Padrão                | 3,05          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [5,50 – 6,12] |

### Importância do isolamento do ruído considerado

Quadro 6.7– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para  $\alpha_2$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 9  | 8  | 14 | 18 | 10 | 31 | 31 | 32 | 39  | 55  | 130 | 377   |
| Frequência Relativa | 2% | 2% | 4% | 5% | 3% | 8% | 8% | 8% | 10% | 15% | 34% | 100%  |

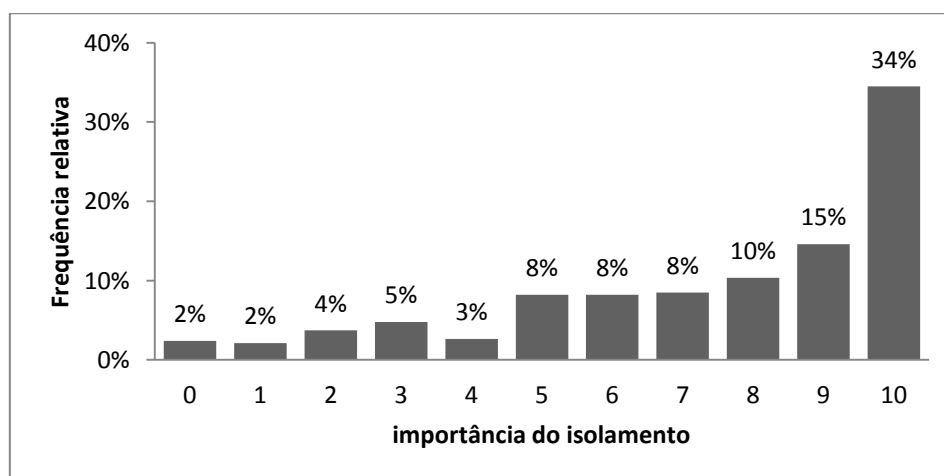


Figura 6.14 - Distribuição segundo a importância do isolamento ao ruído aéreo entre fogos ( $\alpha_2$ )

Quadro 6.8 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 7,43        |
| Variância                    | 7,88        |
| Desvio Padrão                | 2,81        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [7,15-7,72] |

### 6.3.4 Áreas comuns ( $\alpha_3$ )

Para o coeficiente  $\alpha_3$ , associado ao índice de isolamento sonoro a sons aéreos entre áreas comuns e fogos, a amostra populacional é constituída por inquiridos cuja habitação corresponde a um edifício multifamiliar. Esta amostra respeita a um total de 560 respostas, das quais 36 indicaram “N.A.”.

#### Incomodidade do ruído considerado

Quadro 6.9 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_3$

|                     | 0   | 1   | 2   | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Total |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 92  | 88  | 61  | 53  | 39 | 47 | 30 | 37 | 31 | 23 | 23 | 524   |
| Frequência Relativa | 18% | 17% | 12% | 10% | 7% | 9% | 6% | 7% | 6% | 4% | 4% | 100%  |

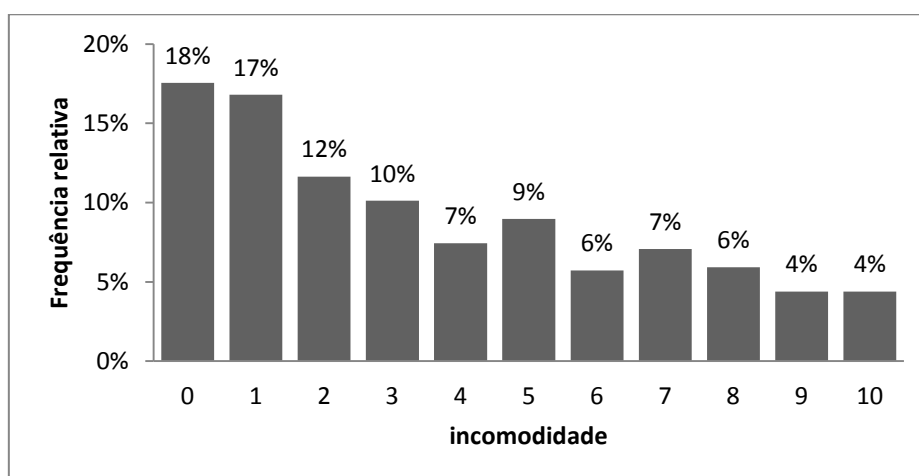


Figura 6.15 - Distribuição das respostas segundo a incomodidade ao ruído aéreo entre áreas comuns e fogos ( $\alpha_3$ )

Quadro 6.10 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 3,60        |
| Variância                    | 9,30        |
| Desvio Padrão                | 3,05        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [3,33-3,86] |

## Importância do isolamento do ruído considerado

Quadro 6.11– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para  $\alpha_3$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 27 | 33 | 42 | 40 | 31 | 61  | 39 | 48 | 65  | 54  | 95  | 535   |
| Frequência Relativa | 5% | 6% | 8% | 7% | 6% | 11% | 7% | 9% | 12% | 10% | 18% | 100%  |

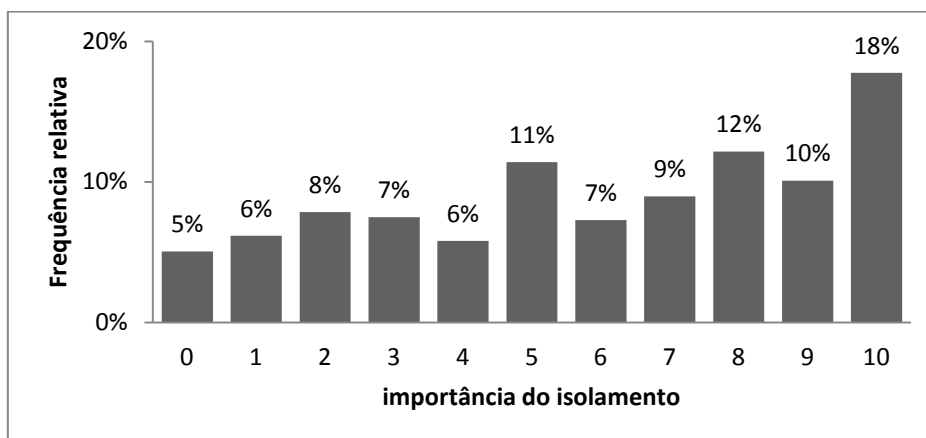


Figura 6.16 - Distribuição segundo a importância do isolamento ao ruído aéreo entre áreas comuns e fogos ( $\alpha_3$ )

Quadro 6.12 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 5,97        |
| Variância                    | 9,96        |
| Desvio Padrão                | 3,16        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [5,70-6,23] |

### 6.3.5 Áreas comerciais ( $\alpha_4$ )

O coeficiente  $\alpha_4$ , associado ao índice de isolamento sonoro a sons aéreos, entre áreas comerciais ou de serviços e habitações, contém a amostra populacional definida por inquiridos cuja habitação corresponda ao primeiro andar de um edifício multifamiliar com espaço comercial subjacente. Esta amostra compreende 51 respostas, das quais 8 indicaram “N.A.”.

## Incomodidade do ruído considerado

Quadro 6.13– Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_4$

|                     | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9   | 10  | Total |
|---------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 6   | 4  | 2  | 3  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 7   | 7   | 43    |
| Frequência Relativa | 14% | 9% | 5% | 7% | 5% | 9% | 5% | 5% | 9% | 16% | 16% | 100%  |



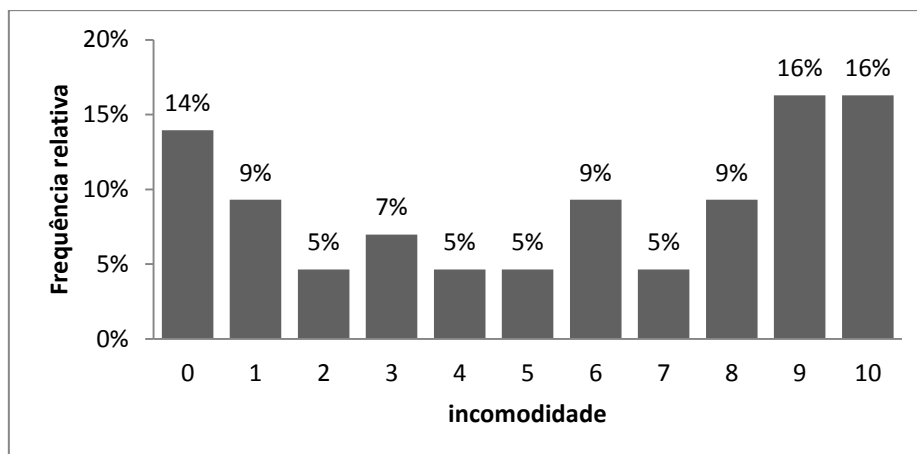


Figura 6.17 – Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído aéreo entre áreas comerciais e fogos ( $\alpha_4$ )

Quadro 6.14 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 5,53        |
| Variância                    | 13,23       |
| Desvio Padrão                | 3,64        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [4,45-6,62] |

### Importância do isolamento do ruído considerado

Quadro 6.15 – Distribuição das respostas relativas ao isolamento para  $\alpha_4$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7  | 8  | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 2  | 1  | 1  | 3  | 1  | 5   | 3  | 0  | 2  | 8   | 19  | 45    |
| Frequência Relativa | 4% | 2% | 2% | 7% | 2% | 11% | 7% | 0% | 4% | 18% | 42% | 100%  |

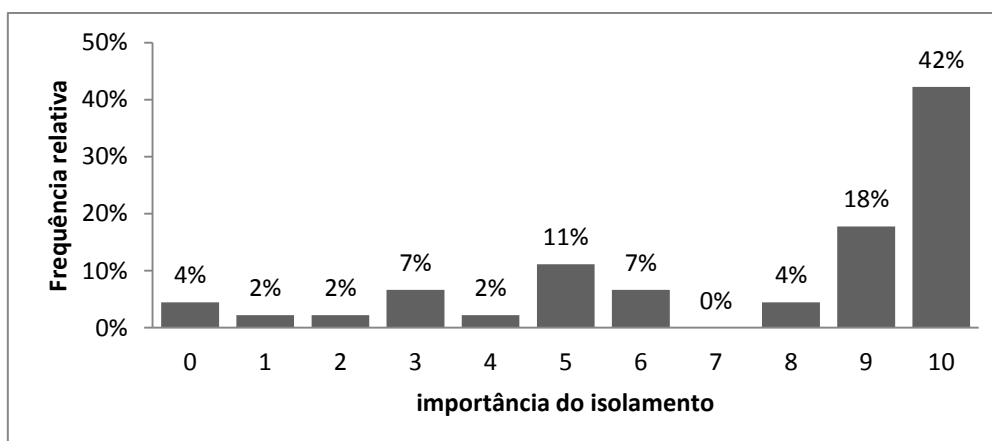


Figura 6.18 - Distribuição em relação à importância do isolamento ao ruído aéreo entre áreas comerciais e fogos ( $\alpha_4$ )

Quadro 6.16 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 7,49        |
| Variância                    | 9,63        |
| Desvio Padrão                | 3,10        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [6,58-8,40] |

### 6.3.6 Vizinhos ( $\alpha_5$ )

Para o coeficiente  $\alpha_5$ , associado ao índice de isolamento a sons de percussão entre fogos, a amostra populacional é igual à já definida para o coeficiente  $\alpha_2$  que corresponde a um total de 382 respostas, das quais 23 indicaram “N.A.”.

#### Incomodidade do ruído considerado

Quadro 6.17– Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_5$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 23 | 25 | 14 | 18 | 17 | 27 | 26 | 40  | 50  | 53  | 66  | 359   |
| Frequência Relativa | 6% | 7% | 4% | 5% | 5% | 8% | 7% | 11% | 14% | 15% | 18% | 100%  |

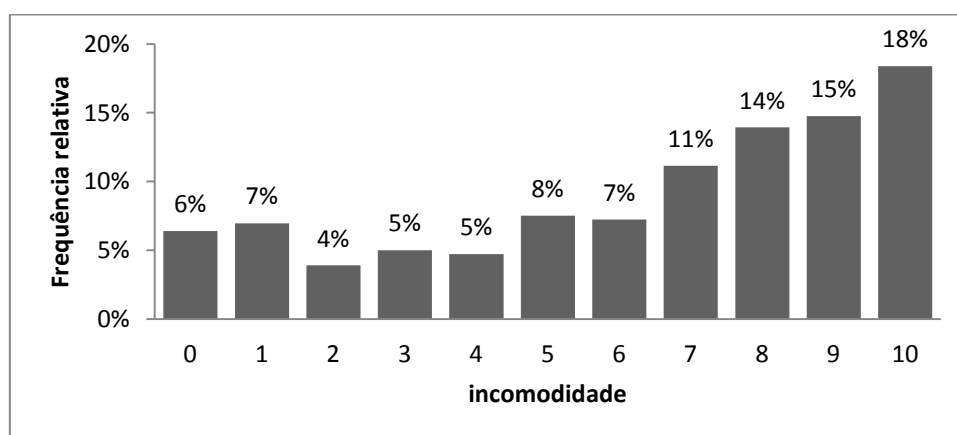


Figura 6.19 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído de percussão entre fogos ( $\alpha_5$ )

Quadro 6.18 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 6,36        |
| Variância                    | 10,20       |
| Desvio Padrão                | 3,19        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [6,03-6,69] |

## Importância do isolamento do ruído considerado

Quadro 6.19– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para  $\alpha_5$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 10 | 6  | 9  | 9  | 10 | 33 | 23 | 25 | 54  | 48  | 140 | 367   |
| Frequência Relativa | 3% | 2% | 2% | 2% | 3% | 9% | 6% | 7% | 15% | 13% | 38% | 100%  |

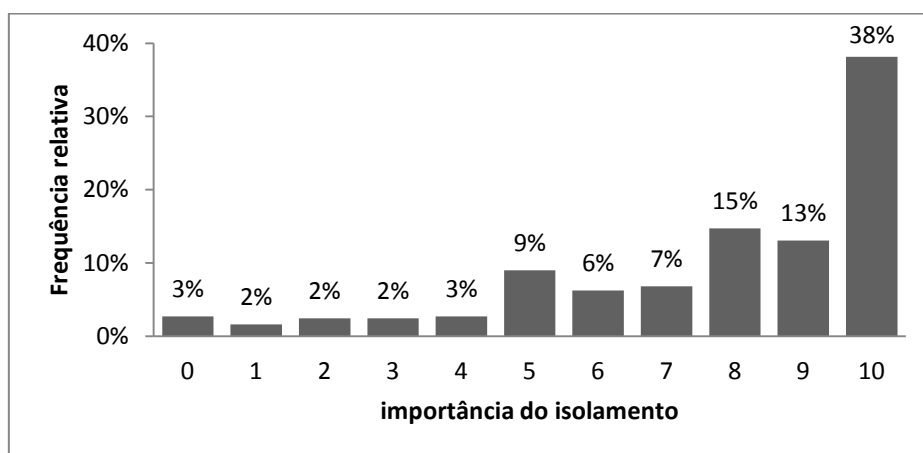


Figura 6.20 - Distribuição das respostas em relação à importância do isolamento ao ruído de percussão entre fogos ( $\alpha_5$ )

Quadro 6.20 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 7,72        |
| Variância                    | 7,18        |
| Desvio Padrão                | 2,68        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [7,45-7,99] |

### 6.3.7 Áreas comerciais ( $\alpha_6$ )

Em relação ao parâmetro associado a sons de percussão, com origem em espaços comerciais, não foi definida nenhuma questão para estimar o valor do coeficiente deste índice. Os fatores que levaram a esta decisão foram:

- A amostra apropriada para estimar este valor, que consiste em residentes de habitações com espaços comerciais adjacentes, uma característica muito específica se refletiu na dimensão reduzida desta amostra;

- A dificuldade em distinguir o ruído de condução aérea do ruído de percussão, com origem nos espaços comerciais, quanto mais comparar as incomodidades que lhes estão associadas.

Desta forma, optou-se por assumir que o valor estimado para  $\alpha_4$ , seria também representativo de  $\alpha_6$ .

### 6.3.8 Equipamentos ( $\alpha_7$ )

Para o coeficiente  $\alpha_7$ , associado ao nível de avaliação do ruído particular de equipamentos coletivos do edifício, a amostra populacional é igual à já definida para o  $\alpha_3$ , esta amostra corresponde a um total de 560 respostas, das quais 86 indicaram “N.A.”.

#### Incomodidade do ruído considerado

Quadro 6.21– Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_7$

|                     | 0   | 1   | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Total |
|---------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 112 | 74  | 53  | 41 | 44 | 39 | 22 | 30 | 20 | 22 | 17 | 474   |
| Frequência Relativa | 24% | 16% | 11% | 9% | 9% | 8% | 5% | 6% | 4% | 5% | 4% | 100%  |

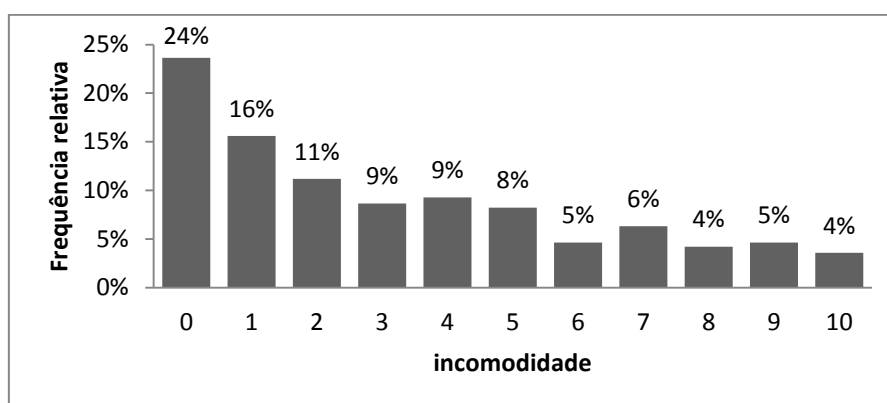


Figura 6.21 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído de equipamentos coletivos ( $\alpha_7$ )

Quadro 6.22 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 3,26        |
| Variância                    | 9,13        |
| Desvio Padrão                | 3,02        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [2,99-3,53] |

#### Importância do isolamento do ruído considerado

Quadro 6.23– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para  $\alpha_7$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7   | 8  | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 38 | 26 | 33 | 43 | 24 | 52  | 39 | 50  | 38 | 57  | 109 | 509   |
| Frequência Relativa | 7% | 5% | 6% | 8% | 5% | 10% | 8% | 10% | 7% | 11% | 21% | 100%  |

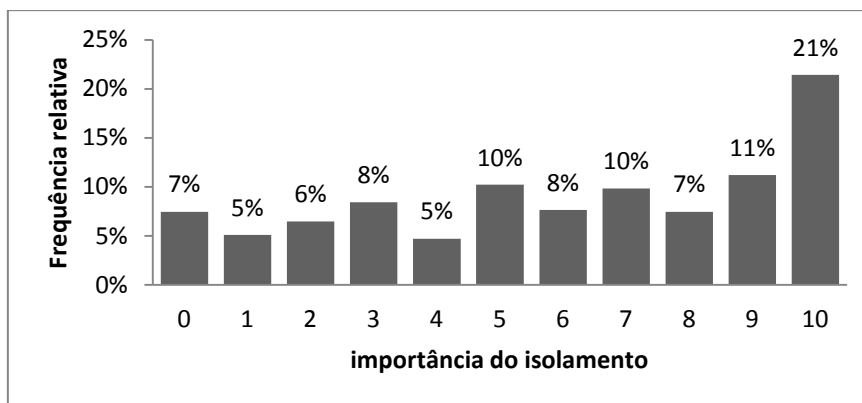


Figura 6.22 - Distribuição das respostas em relação à importância do isolamento ao ruído de equipamentos coletivos ( $\alpha_7$ )

Quadro 6.24 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 6,03        |
| Variância                    | 10,88       |
| Desvio Padrão                | 3,30        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [5,74-6,31] |

### 6.3.9 Interior da habitação ( $\alpha_8$ )

Para o coeficiente  $\alpha_8$ , associado ao índice de isolamento sonoro a sons aéreos, entre salas e quartos do interior da mesma habitação, a amostra populacional é definida por inquiridos cujo número de residentes na habitação é superior a um. Esta amostra corresponde a 715 respostas, das quais 58 indicaram “N.A.”. Note-se que este critério não possui carácter regulamentar.

#### Incomodidade do ruído considerado

Quadro 6.25– Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_8$

|                     | 0   | 1   | 2   | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Total |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 122 | 107 | 102 | 77  | 53 | 52 | 31 | 33 | 38 | 27 | 15 | 657   |
| Frequência Relativa | 19% | 16% | 16% | 12% | 8% | 8% | 5% | 5% | 6% | 4% | 2% | 100%  |

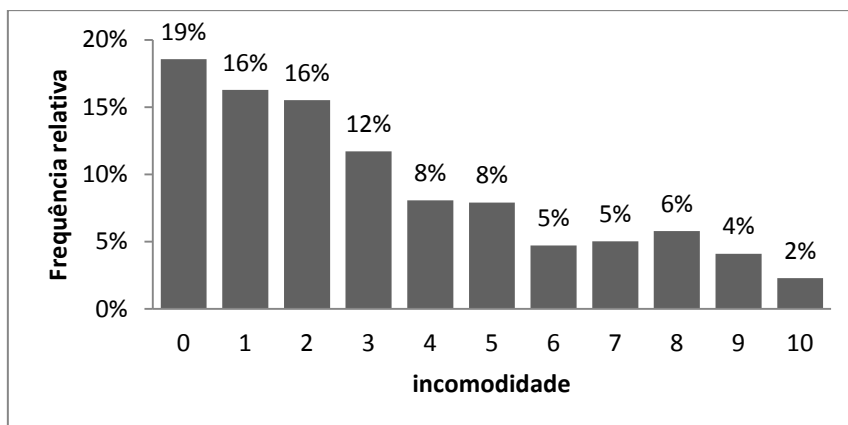


Figura 6.23 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído isolamento entre sala e quartos do interior da habitação ( $\alpha_8$ )

Quadro 6.26 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 3,24        |
| Variância                    | 8,09        |
| Desvio Padrão                | 2,84        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [3,02-3,45] |

### Importância do isolamento do ruído considerado

Quadro 6.27– Distribuição das respostas relativas ao isolamento para  $\alpha_8$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 46 | 51 | 55 | 60 | 45 | 79  | 54 | 62 | 60 | 61 | 97  | 670   |
| Frequência Relativa | 7% | 8% | 8% | 9% | 7% | 12% | 8% | 9% | 9% | 9% | 14% | 100%  |

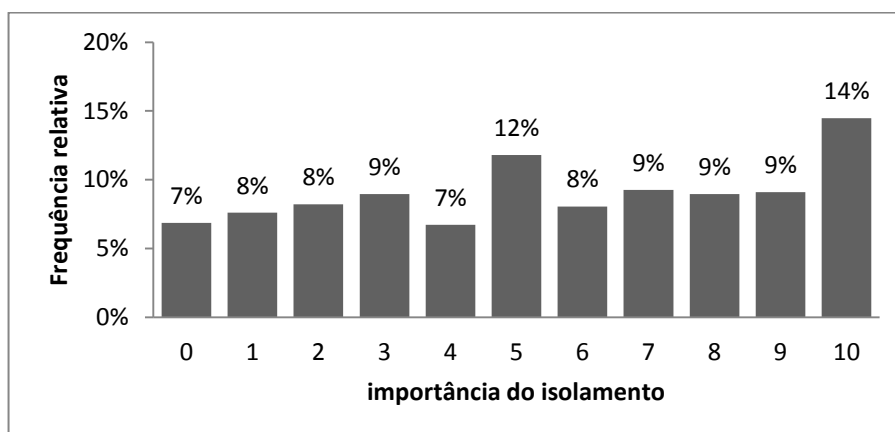


Figura 6.24 - Distribuição das respostas em relação à importância do isolamento ao ruído isolamento entre sala e quartos do interior da habitação ( $\alpha_8$ )

Quadro 6.28 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Média                        | 5,48        |
| Variância                    | 10,20       |
| Desvio Padrão                | 3,19        |
| Intervalo de Confiança a 95% | [5,24-5,72] |

Na figura 6.25 representa-se a influência que a variável “número de residentes” tem sobre o valor médio da incomodidade associada a este coeficiente. Verifica-se que a incomodidade média do ruído cresce junto com o aumento do número de residentes da habitação.



Figura 6.25 – Influência do número de residentes na incomodidade média relativa ao ruído entre zonas de estar e quartos do mesmo fogo

## 6.4 Síntese dos resultados

Fazendo um resumo geral dos resultados que se obtiveram, apresentam-se no quadro 6.29 os valores médios estimados para os coeficientes de ponderação tanto pela via da incomodidade do ruído como pela via da importância dada ao isolamento. Para cada valor médio tem-se o respetivo intervalo de confiança para 95% e o peso percentual que este valor médio tem no conjunto dos valores estimados.

Quadro 6.29 – Valores médios, intervalos de confiança e peso relativo (%)

| Coeficiente | Incomodidade do ruído |                      |       | Importância do isolamento ao ruído |                      |       |
|-------------|-----------------------|----------------------|-------|------------------------------------|----------------------|-------|
|             | Valor médio           | I.C. a 95% confiança | %     | Valor médio                        | I.C. a 95% confiança | %     |
| $\alpha_1$  | 4,09                  | [3,81-4,37]          | 10,9% | 6,87                               | [6,56-7,19]          | 12,6% |
| $\alpha_2$  | 5,81                  | [5,50-6,12]          | 15,5% | 7,43                               | [7,15-7,72]          | 13,6% |
| $\alpha_3$  | 3,60                  | [3,33-3,86]          | 9,6%  | 5,97                               | [5,70-6,23]          | 11,0% |
| $\alpha_4$  | 5,53                  | [4,45-6,62]          | 14,8% | 7,49                               | [6,58-8,40]          | 13,7% |
| $\alpha_5$  | 6,36                  | [6,03-6,69]          | 17,0% | 7,72                               | [7,45-7,99]          | 14,2% |
| $\alpha_6$  | 5,53                  | [4,45-6,62]          | 14,8% | 7,49                               | [6,58-8,40]          | 13,7% |
| $\alpha_7$  | 3,26                  | [2,99-3,53]          | 8,7%  | 6,03                               | [5,74-6,31]          | 11,1% |
| $\alpha_8$  | 3,24                  | [3,02-3,45]          | 8,7%  | 5,48                               | [5,24-5,72]          | 10,1% |

Como é perceptível, com base na visualização deste quadro os valores obtidos pela via da incomodidade associada aos ruídos considerados formam um conjunto de valores mais alargado, ou seja, neste conjunto é possível distinguir claramente o peso do coeficiente mais baixo (8,7%) do peso do coeficiente mais alto (17%). Olhando para os valores que formam o conjunto respetivo da importância dos isolamentos a esses ruídos, quase que assumem um peso uniforme aos coeficientes, sendo o valor mais baixo de 10,1% para o valor mais alto de 14,2%. Estes resultados podem ser atribuídos à dificuldade de se tentar relacionar a importância entre isolamentos aos ruídos apresentados, sendo perceptível, com base nas respostas, a tendência de considerar todos eles de igual importância.

Confrontando estes resultados com os valores referenciados no método LNEC (figura 6.26), pode-se constatar que os valores médios mais elevados correspondem aos dos coeficientes  $\alpha_2$ ,  $\alpha_4$ ,  $\alpha_5$ ,  $\alpha_6$ .

O valor médio mais baixo estimado corresponde a 8,7% e está atribuído aos coeficientes  $\alpha_7$ ,  $\alpha_8$ . Para estes coeficientes, o método LNEC estipula um peso diferencial de 12,5 e 2,5 % respetivamente. O coeficiente  $\alpha_7$  assume mesmo o valor mais alto a seguir aos quatro coeficientes já indicados.

À exceção da evidente discrepância nos valores mínimos (2,5 para 8,7 %), o maior diferencial de valores ocorre para o coeficiente  $\alpha_3$ , com uma diferença de 5 para 9,6%, revelando que os inquiridos atribuem maior incomodidade de ruídos provenientes de áreas comuns do que a que está definida pelo valor estipulado no sistema de classificação. Por outro lado, os valores médios que mais se aproximam dos valores definidos no método LNEC estão associados aos coeficientes  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  com diferenciais de 0,9 e 0,5 % respetivamente.

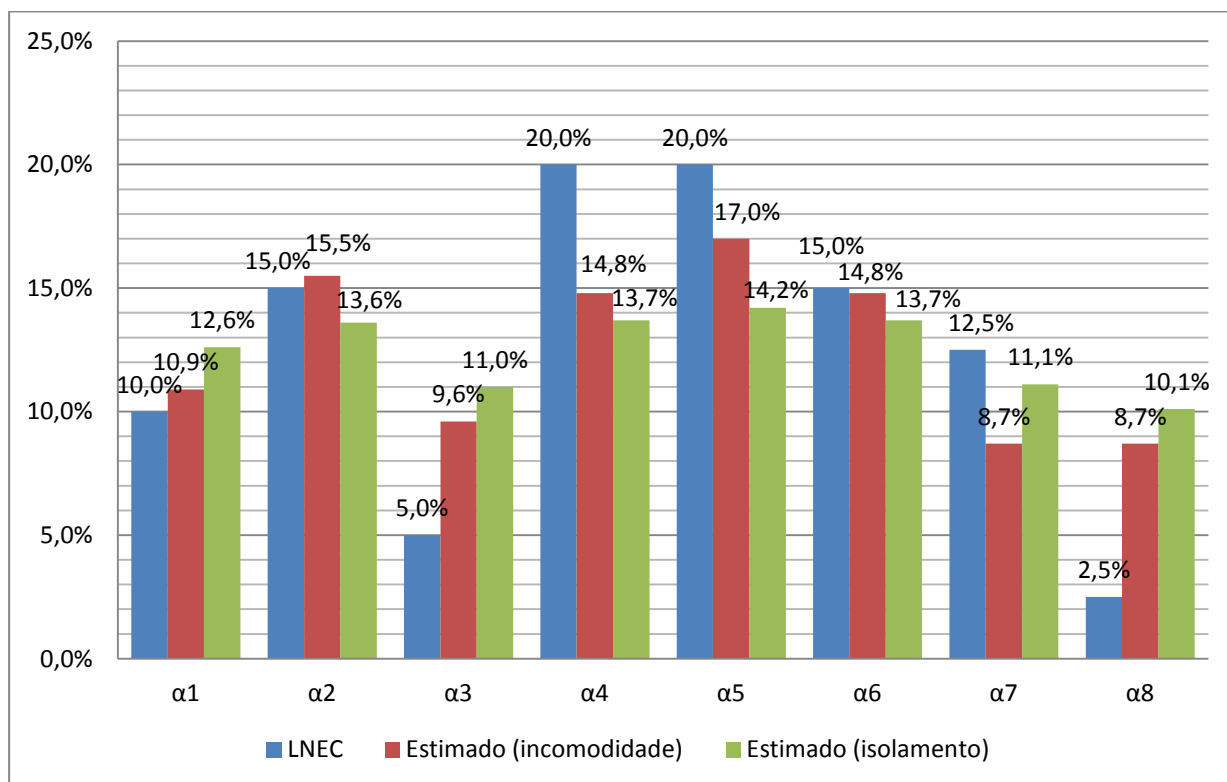


Figura 6.26 – Comparação dos valores dos coeficientes de ponderação



## 7 Caso de estudo: Quinta da Parreirinha

Uma vez que o estudo realizado incidiu sobre uma população cujas condições de exposição aos ruídos considerados na análise efetuada não eram possíveis de confirmar (a análise foi feita via *internet*) decidiu-se aplicar o mesmo inquérito (salvo algumas adaptações) a uma amostra populacional localizada numa zona limitada, e em que habitações não fossem muito diferentes entre si. Neste caso de estudo, assume-se que os inquiridos se encontram, na sua maioria, em condições semelhantes de exposição aos ruídos, e que os respetivos resultados permitem averiguar se existem discrepâncias com os valores entretanto obtidos.

### 7.1 Descrição da urbanização

O local adotado para aplicação do inquérito consiste numa urbanização relativamente recente (construções de 2006), designada por “Quinta da Parreirinha”, localizada na freguesia da Bobadela, concelho de Loures. É constituída por um conjunto de 60 edifícios habitacionais com 5 a 7 pisos, e 2 pisos para garagens. A urbanização encontra-se próxima de uma escola e relativamente próxima de uma autoestrada (A1) e do rio Trancão, conforme ilustrado nas figuras 7.1 e 7.2.



Figura 7.1 – Localização da urbanização



Figura 7.2 – Edifício habitacional da Quinta da Parreirinha

Nas figuras 7.3 e 7.4 apresentam-se os mapas de ruído associados à zona estudada, ainda que os valores de  $L_{den}$  e  $L_n$  não se relacionem diretamente com os índices aqui considerados, poderiam influenciar as respostas dos inquiridos no âmbito do coeficiente associado ao ruído exterior.

Há que ter em conta que os valores definidos nos mapas, são apenas valores estipulados pelas câmaras municipais, podendo por isso não serem fiéis à realidade.

Observando os mapas de ruído e considerando que a zona em questão é uma zona mista, identifica-se uma parte da urbanização cujos valores de  $L_{den}$  e  $L_n$  estão numa faixa de valores próxima dos limites regulamentares de 65 dB (A) e 55 dB (A) respetivamente.

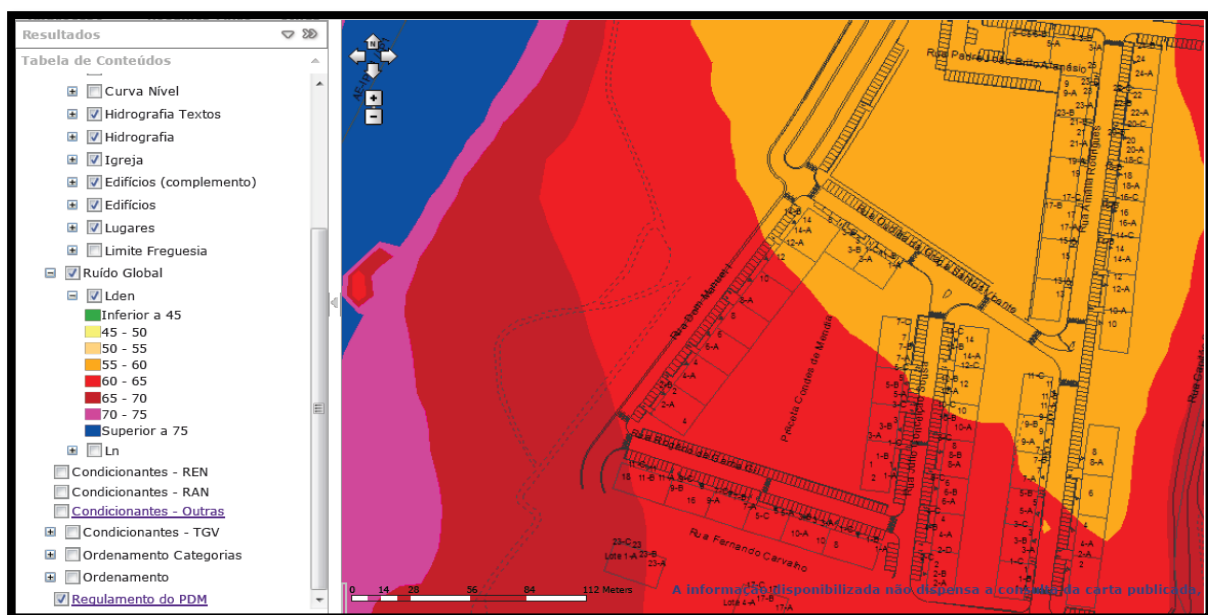


Figura 7.3 - Mapa de ruído da urbanização  $L_{den}$ , retirado de (29)



Figura 7.4 - Mapa de ruído da urbanização  $L_n$ , retirado de (29)

Em termos de soluções construtivas os edifícios em causa possuem, de forma geral, as soluções indicadas nos anexos 3A, 3B e 3C.

Apesar de as soluções construtivas estarem em anexo apenas como um complemento ao estudo elaborado, há que referir a respeito do pormenor da parede de fachada que a solução correta, em termos de boas práticas, seria o isolamento localizar-se na face exterior do paramento interior ao contrário do que é verificado.

## 7.2 Inquérito

A estratégia adotada na aplicação do inquérito neste caso de estudo consistiu, em primeiro lugar, numa adaptação do inquérito base, vd. anexo 1B, uma vez que a definição de uma zona-alvo permite dispensar algumas das questões originalmente concebidas para fazer essa localização.

Uma vez que o objetivo do inquérito se baseia neste caso na obtenção de valores que permitam uma comparação com os obtidos no estudo anterior, já não se aplica uma distinção de subamostras para estimar cada coeficiente, como também não se aplica o método de validação de respostas como previamente feito. Existe no entanto a prioridade de obter de pelo menos 30 respostas válidas para aplicação do teorema do limite central, na estimação dos valores médios.

O método de distribuição assumiu, neste caso, várias formas visando a facilidade de resposta do inquirido e maximização o número de respostas. Ao inquirido foi dada a possibilidade de responder na altura em que foi abordado, ou entregar posteriormente a sua resposta ou mesmo submete-la através da internet. Este processo resultou na angariação de 33 respostas, num período de aproximadamente um mês.

### 7.3 Descrição da amostra populacional

Como já foi referido, tendo em consideração o objetivo primordial de complementar a pesquisa inicial, no inquérito agora aplicado a uma zona em particular, deixaram de ter relevância muitas das questões de caracterização da amostra. A população considerada neste caso de estudo fica então descrita essencialmente pela sua sensibilidade ao ruído, a sua faixa etária e o número de residentes da habitação. São mantidas as questões referentes a que tipos de ruídos da lista apresentada causam maior incomodidade nos ocupantes e a comparação entre ruídos aéreos e de percussão de habitações vizinhas. A caracterização da amostra, quanto à sua sensibilidade ao ruído, é meramente informativa, uma vez que não se estabelece nenhuma relação entre este fator e as respostas obtidas (figura 7.5).

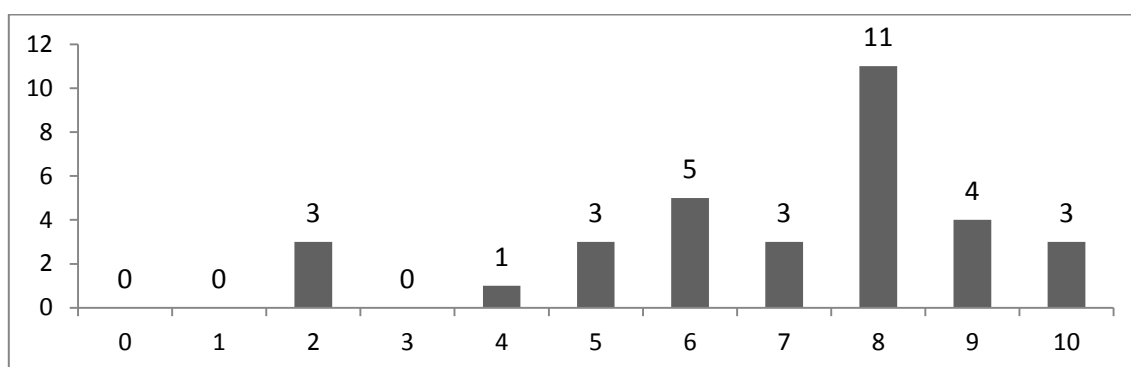


Figura 7.5 – Distribuição das respostas quanto ao grau de sensibilidade ao ruído

A amostra é caracterizada em relação à sua faixa etária como estando entre os 26 e os 65 anos, distribuídos conforme a figura 7.6 demonstra, o que a enquadra a 100% no perfil pretendido.

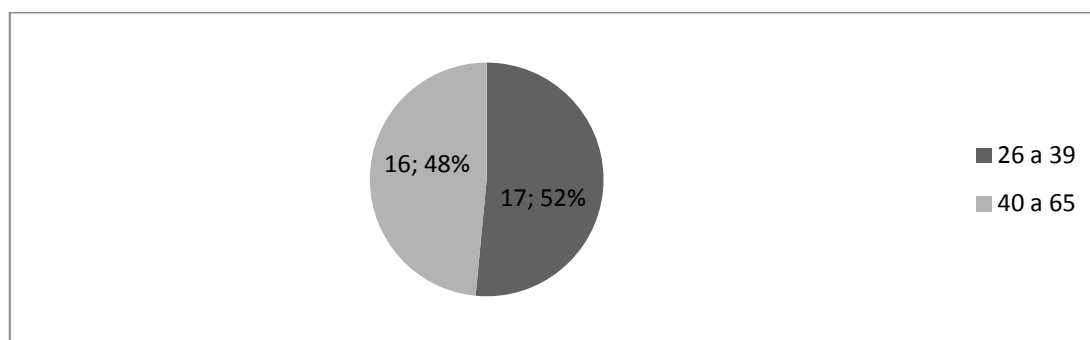


Figura 7.6 – Faixa etária da amostra populacional

Em relação ao número de residentes da habitação verifica-se a distribuição apresentada na figura 7.7, sendo este um fator que pode ter relevância no índice de isolamento sonoro, entre a sala e quartos da habitação, conforme se analisou no estudo anterior.

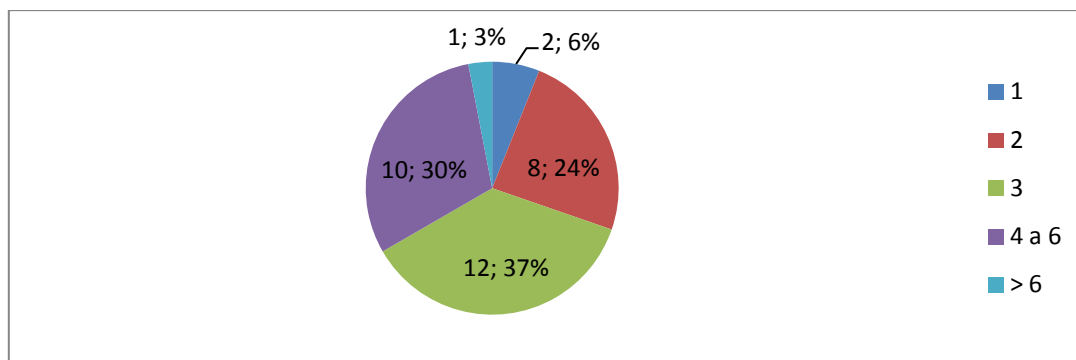


Figura 7.7 – Composição da amostra populacional pelo número de residentes

Analisando as respostas relativas à indicação de um ou dois dos ruídos mais incomodativos de uma lista apresentada, obteve-se a distribuição de respostas constante na figura 7.8, que identifica os ruídos associados a vizinhos e ao ruído exterior como os que provocam maior incomodidade.

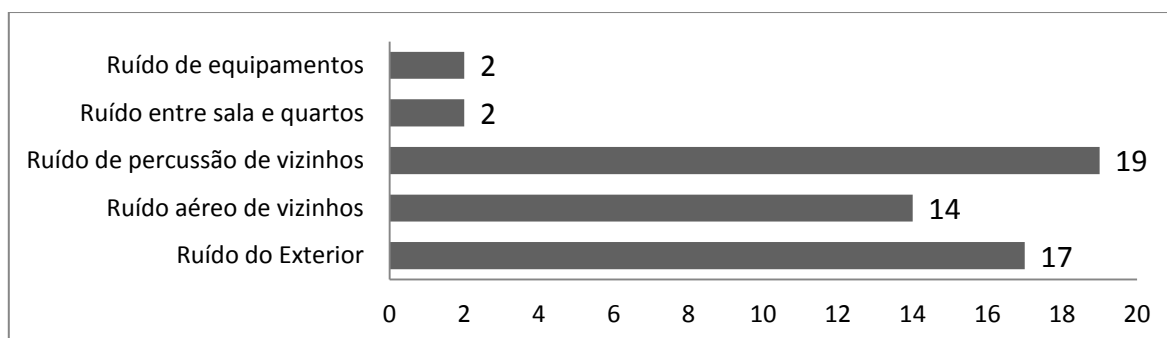


Figura 7.8 – Indicação dos ruídos mais incomodativos

## 7.4 Resultados

À imagem da apresentação de resultados do capítulo anterior, são apresentadas de seguida as distribuições das respostas em relação à incomodidade referente a cada ruído considerado, os respetivos indicadores de média, variância, desvio padrão e respetivos intervalos de confiança.

### 7.4.1 Fachada ( $\alpha_1$ )

A análise efetuada às respostas origina a distribuição de valores de incomodidade conforme se verifica no gráfico da figura 7.9. Num universo de 33 respostas, 6% da população indicou, para o ruído proveniente do exterior, um nível de incomodidade nulo (absolutamente nada incomodativo), contrastando com os 3% que indicaram um nível máximo de incomodidade, valor 10 (extremamente incomodativo). A maioria, 22%, indicou um nível de incomodidade igual a 3 na escala numérica sugerida no inquérito. Em função da distribuição das respostas verificada resultam os valores indicados no quadro 7.2.

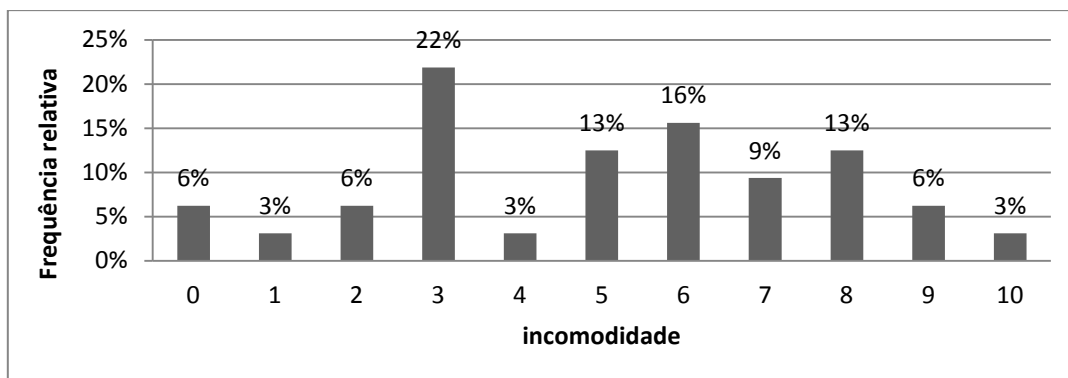


Figura 7.9 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído proveniente do exterior ( $\alpha_1$ )

Quadro 7.1 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_1$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3   | 4  | 5   | 6   | 7  | 8   | 9  | 10 | Total |
|---------------------|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 2  | 1  | 2  | 7   | 1  | 4   | 5   | 3  | 4   | 2  | 1  | 32    |
| Frequência Relativa | 6% | 3% | 6% | 22% | 3% | 13% | 16% | 9% | 13% | 6% | 3% | 100%  |

Quadro 7.2 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 5,03          |
| Variância                    | 6,97          |
| Desvio Padrão                | 2,64          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [4,12 – 5,95] |

#### 7.4.2 Vizinhos ( $\alpha_2$ )

A partir da análise efetuada à distribuição das respostas a este descritor, constata-se que 6% indicaram o valor correspondente ao nível de incomodidade máximo e apenas 3% indicou o nível de incomodidade mínimo. Os valores de incomodidade de 7 e 8 agrupam em si 44% das respostas.

Da análise da distribuição das respostas resultam os valores indicados no quadro 7.4.

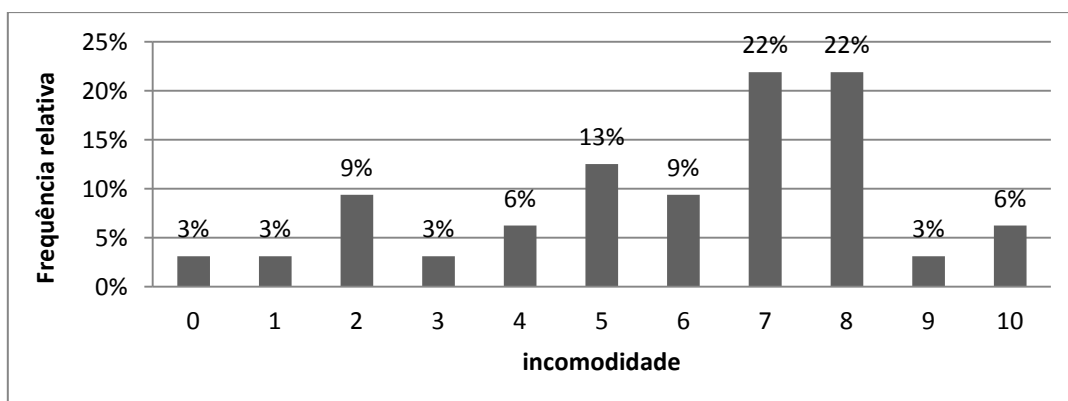


Figura 7.10 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído aéreo proveniente de habitações vizinhas ( $\alpha_2$ )

Quadro 7.3 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_2$

|                     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7   | 8   | 9  | 10 | Total |
|---------------------|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 1  | 1  | 3  | 1  | 2  | 4   | 3  | 7   | 7   | 1  | 2  | 32    |
| Frequência Relativa | 3% | 3% | 9% | 3% | 6% | 13% | 9% | 22% | 22% | 3% | 6% | 100%  |

Quadro 7.4 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 5,94          |
| Variância                    | 6,43          |
| Desvio Padrão                | 2,54          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [5,06 – 6,82] |

### 7.4.3 Áreas comuns ( $\alpha_3$ )

Observando a distribuição de respostas relativas à incomodidade do ruído proveniente de áreas comuns é de salientar que apenas 18% dos inquiridos consideram um valor igual ou superior a 5 como representativo da incomodidade induzida pelo ruído considerado. No conjunto dos 82% da população que considera que a incomodidade se situa entre 0 e 4, a maioria, 31% aponta para o valor 3 como o que melhor representa a perturbação associada ao ruído.

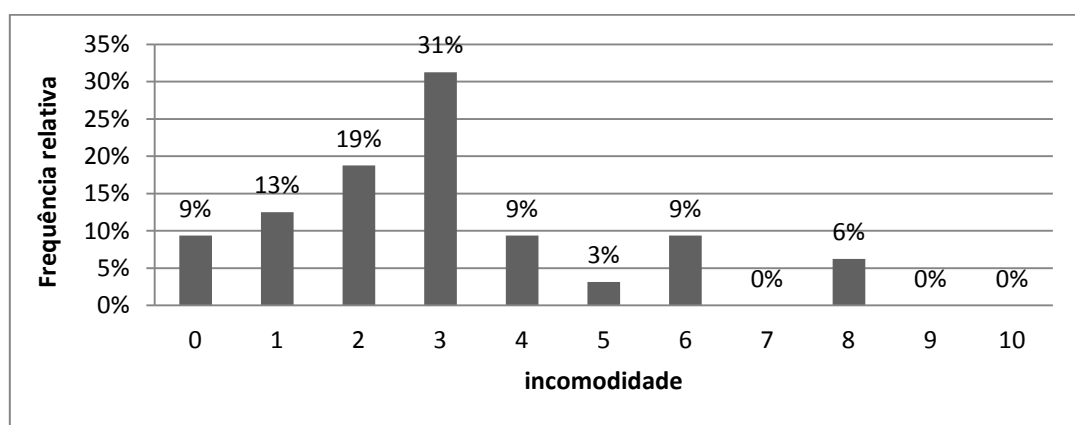


Figura 7.11 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído proveniente de áreas comuns ( $\alpha_3$ )

Quadro 7.5 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_3$

|                     | 0  | 1   | 2   | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Total |
|---------------------|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 3  | 4   | 6   | 10  | 3  | 1  | 3  | 0  | 2  | 0  | 0  | 32    |
| Frequência Relativa | 9% | 13% | 19% | 31% | 9% | 3% | 9% | 0% | 6% | 0% | 0% | 100%  |

Quadro 7.6 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 3,03          |
| Variância                    | 4,16          |
| Desvio Padrão                | 2,04          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [2,32 – 3,74] |

#### 7.4.4 Áreas comerciais ( $\alpha_4$ )

No que se refere ao coeficiente  $\alpha_4$  os dados obtidos não são representativos do público-alvo que melhor se adequa a avaliar a incomodidade associada a este tipo de ruído, e tal facto reflete-se nas respostas recolhidas. O público-alvo ideal para este coeficiente, em particular, assentava na utilização do questionário apenas para residentes de habitações sobrejacentes a áreas comerciais, e, como tal, a zona de estudo mais adequada seria uma malha urbana mais antiga e com comércio local mais ativo.

Num universo de 33 respostas, 21 delas indicaram “N.A.”, ou seja, admitiram estar numa situação em que este tipo de ruído não teria qualquer significado. Nas restantes 12 respostas apenas 1 delas aponta para um valor de incomodidade elevado. Este cenário não permite retirar qualquer ilação uma vez que o facto de apenas um inquirido apontar para um valor elevado pode dever-se a uma situação muito particular como por exemplo a atividade comercial em questão ser um café/restaurante e nos restantes inquiridos as áreas comerciais serem escritórios (isto para além de outros fatores que não foram previstos no inquérito por serem exclusivos deste ruído).

O facto de a dimensão da amostra ser demasiado reduzida para este caso específico obriga a descartar o valor médio estimado para comparação com os restantes por não ser representativo.

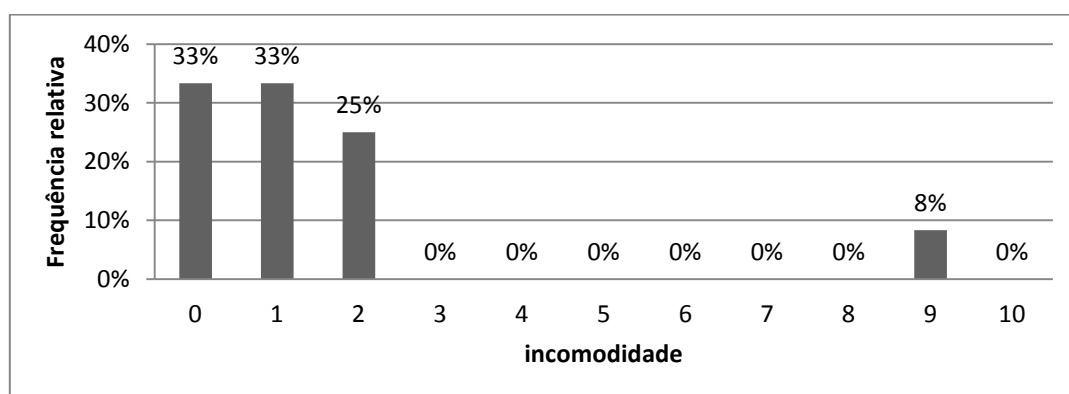


Figura 7.12 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído proveniente de áreas comerciais ( $\alpha_4$ )

Quadro 7.7 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_4$

|                     | 0   | 1   | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Total |
|---------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 4   | 4   | 3   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 12    |
| Frequência Relativa | 33% | 33% | 25% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 8% | 0% | 100%  |



Quadro 7.8 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|               |      |
|---------------|------|
| Média         | 1,58 |
| Variância     | 5,58 |
| Desvio Padrão | 2,36 |

#### 7.4.5 Vizinhos ( $\alpha_5$ )

Visualizando os resultados obtidos para o ruído de percussão proveniente de fogos vizinhos nota-se que a maioria, 78% das respostas, aponta para um valor superior a 5 para representar a incomodidade induzida por este tipo de ruído. Neste grupo de 78%, constata-se que os valores 7 e 8 têm a maior número de respostas, com 7 e 6 respectivamente.

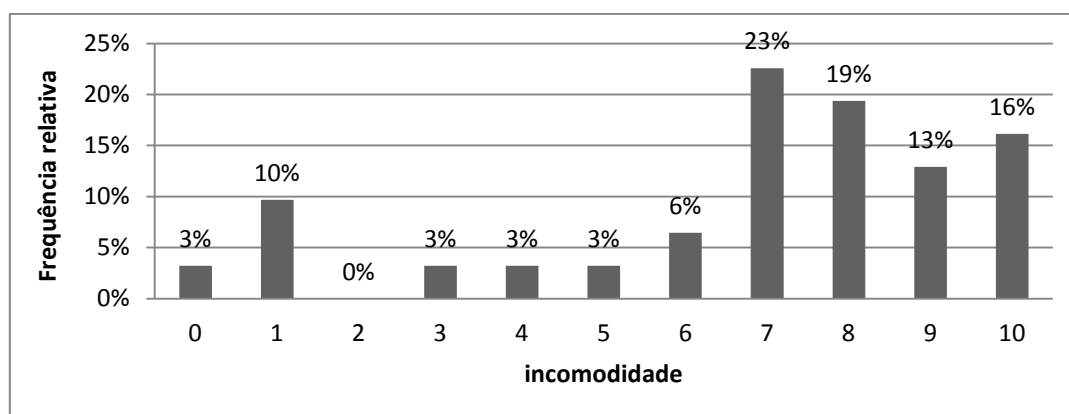


Figura 7.13 - Distribuição das respostas em relação à incomodade ao ruído de percussão proveniente de habitações vizinhas ( $\alpha_5$ )

Quadro 7.9 – Distribuição das respostas relativas à incomodade para  $\alpha_5$

|                     | 0  | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | Total |
|---------------------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Frequência Absoluta | 1  | 3   | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 7   | 6   | 4   | 5   | 31    |
| Frequência Relativa | 3% | 10% | 0% | 3% | 3% | 3% | 6% | 23% | 19% | 13% | 16% | 100%  |

Quadro 7.10 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 6,77          |
| Variância                    | 8,17          |
| Desvio Padrão                | 2,86          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [5,77 – 7,78] |

#### 7.4.6 Equipamentos ( $\alpha_7$ )

Em relação ao ruído associado aos equipamentos coletivos e instalações do edifício, as respostas obtidas seguiram a distribuição representada na figura 7.14, a partir da qual se verifica que mais de metade da população, concretamente 68% apontam que o valor de incomodidade que melhor se associa a este tipo de ruído é menor que 5, na escala considerada. Deste grupo inferior a 5, o valor que reúne o maior número de respostas é o valor 3, com 25% das respostas a convergirem para este valor.

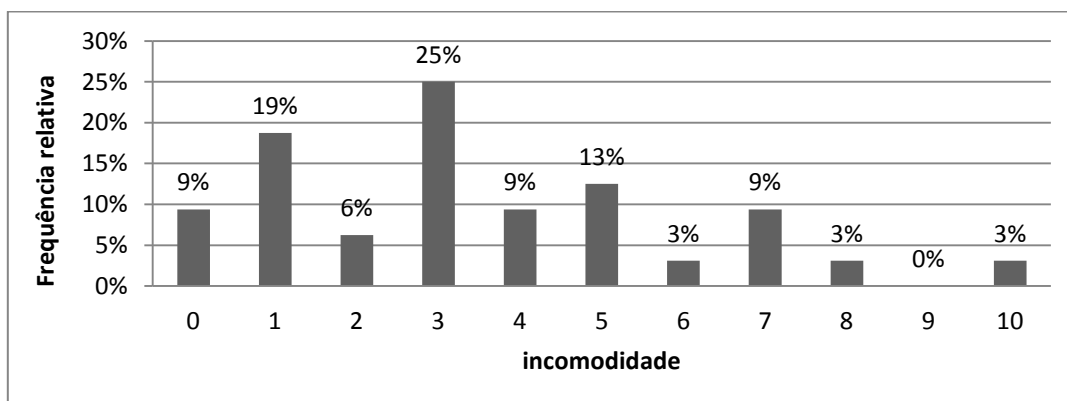


Figura 7.14 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído proveniente dos equipamentos coletivos do edifício ( $\alpha_7$ )

Quadro 7.11 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_7$

|                     | 0  | 1   | 2  | 3   | 4  | 5   | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Total |
|---------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 3  | 6   | 2  | 8   | 3  | 4   | 1  | 3  | 1  | 0  | 1  | 32    |
| Frequência Relativa | 9% | 19% | 6% | 25% | 9% | 13% | 3% | 9% | 3% | 0% | 3% | 100%  |

Quadro 7.12 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 3,47          |
| Variância                    | 6,12          |
| Desvio Padrão                | 2,47          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [2,61 – 4,33] |

#### 7.4.7 Interior da habitação ( $\alpha_8$ )

No que diz respeito às respostas obtidas para o ruído entre sala e quartos da mesma habitação, entre sala e quartos, a maioria das pessoas indicaram o valor 1, na escala considerada, como sendo o que melhor representa a sua incomodidade face ao ruído em causa. A distribuição mostra claramente uma tendência para os valores mais baixos da escala sendo que 78% da população localiza o valor associado, para este ruído, entre 0 e 4.

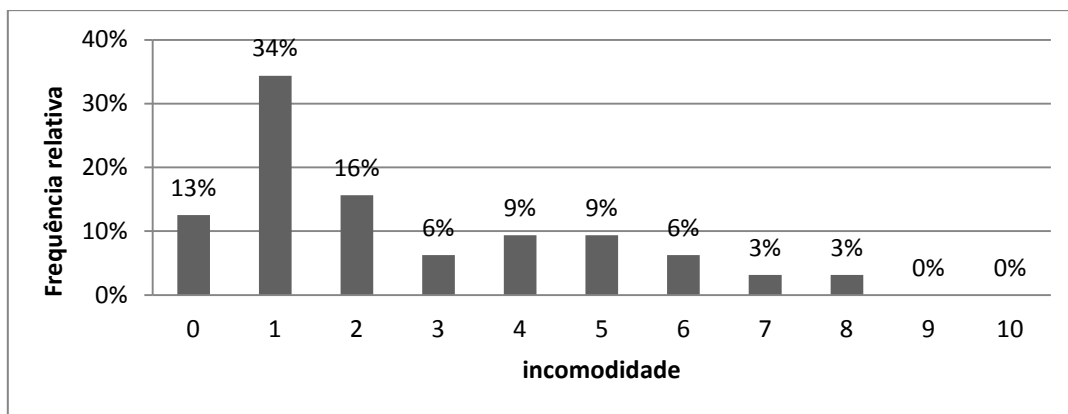


Figura 7.15 - Distribuição das respostas em relação à incomodidade ao ruído entre sala e quartos do interior da habitação ( $\alpha_8$ )

Quadro 7.13 – Distribuição das respostas relativas à incomodidade para  $\alpha_8$

|                     | 0   | 1   | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Total |
|---------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Frequência Absoluta | 4   | 11  | 5   | 2  | 3  | 3  | 2  | 1  | 1  | 0  | 0  | 32    |
| Frequência Relativa | 13% | 34% | 16% | 6% | 9% | 9% | 6% | 3% | 3% | 0% | 0% | 100%  |

Quadro 7.14 – Média, variância, desvio padrão e IC a 95%

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Média                        | 2,53          |
| Variância                    | 4,75          |
| Desvio Padrão                | 2,18          |
| Intervalo de Confiança a 95% | [1,78 – 3,29] |

## 7.5 Síntese e comparação dos resultados

Sintetizando os valores estimados neste caso de estudo para cada um dos ruídos considerados apresenta-se, no quadro 7.15, o conjunto dos valores médios, com os respetivos intervalos de confiança, e peso percentual que os caracterizam, na gama de valores considerada. De salientar que o coeficiente  $\alpha_6$  está representado no quadro mas não contabilizado no conjunto, pelo que os pesos percentuais aumentaram.

Quadro 7.15 – Valores médios, intervalos de confiança e peso relativo (%)

| Coeficiente | Incomodidade do ruído |                      |     |
|-------------|-----------------------|----------------------|-----|
|             | Valor médio           | I.C. a 95% confiança | %   |
| $\alpha_1$  | 5,03                  | [4,12 – 5,95]        | 19% |
| $\alpha_2$  | 5,94                  | [5,06 – 6,82]        | 22% |
| $\alpha_3$  | 3,03                  | [2,32 – 3,74]        | 11% |
| $\alpha_4$  | 1,58                  | -                    | -   |
| $\alpha_5$  | 6,77                  | [5,77 – 7,78]        | 25% |
| $\alpha_6$  | -                     | -                    | -   |
| $\alpha_7$  | 3,47                  | [2,61 – 4,33]        | 13% |
| $\alpha_8$  | 2,53                  | [1,78 – 3,29]        | 10% |

Comparando estes valores do caso de estudo da Quinta da Parreirinha com os obtidos no estudo constante no capítulo seis, com recurso à ferramenta de preenchimento *online* constata-se, pela figura 7.16, que os valores não diferem muito entre si para cada um dos coeficientes. Os valores que assumem maior relevância correspondem aos coeficientes  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  e  $\alpha_5$  respetivamente e por ordem crescente. O maior diferencial verificado é de apenas 3% e ocorre em três casos, para  $\alpha_1$  (16 e 19 %),  $\alpha_3$  (14 e 11%) e  $\alpha_8$  (12 e 9 %).

Face aos resultados obtidos neste caso de estudo, verificou-se que os valores estimados por via da *internet* não diferem muito, reforçando a ideia de que, bem planeada, a utilização das novas tecnologias para estudos desta natureza pode ser muito vantajosa e conduzir a resultados válidos.

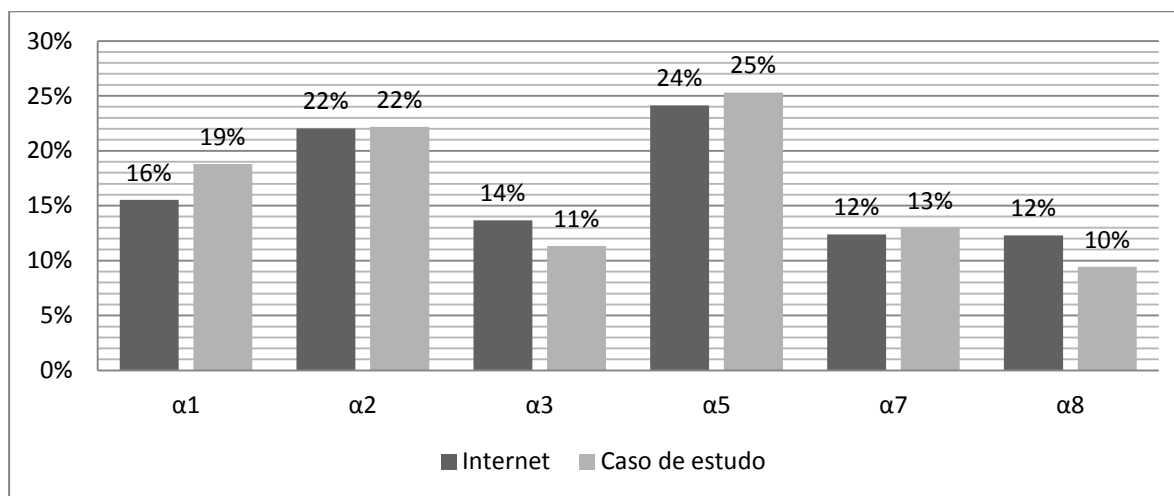


Figura 7.16 – Comparação dos valores obtidos com os valores estimados via *internet*

## 8 Análise de sensibilidade dos coeficientes

Visando um melhor entendimento do impacto que estes coeficientes possuem na classificação final do Nível de Avaliação Acústica da habitação, foi considerado um cenário em que todos os parâmetros apresentam-se na situação de conformidade regulamentar, ou seja, com pontuação atribuída de 1,0 a todos os índices.

Fazendo variar apenas um dos parâmetros no par “coeficiente de ponderação”/“pontuação atribuída”, e verificando o impacto na classificação final da habitação (quadro 8.1.), obtém-se a função representada pelo gráfico da figura 8.1., no qual se tem nas abcissas o peso percentual que o coeficiente pode assumir, nas ordenadas a pontuação que pode ser atribuída ao índice desse coeficiente, gerando-se assim as curvas que representam a influência que este par de valores tem na classificação final da habitação.

Quadro 8.1 - Exemplo para  $\alpha_1$  (aplicável a qualquer dos coeficientes)

| Parâmetro     | Coeficiente | Valor    | Pontuação |
|---------------|-------------|----------|-----------|
| $D_{2m,nT,w}$ | $\alpha_1$  | $x$      | $y$       |
| $D_{nT,w}$    | $\alpha_2$  | (100-x)% | 1,0       |
| $D_{nT,w}$    | $\alpha_3$  |          |           |
| $D_{nT,w}$    | $\alpha_4$  |          |           |
| $L'_{nT,w}$   | $\alpha_5$  |          |           |
| $L'_{nT,w}$   | $\alpha_6$  |          |           |
| $L_{Ar,nT}$   | $\alpha_7$  |          |           |
| $D_{nT,w}$    | $\alpha_8$  |          |           |

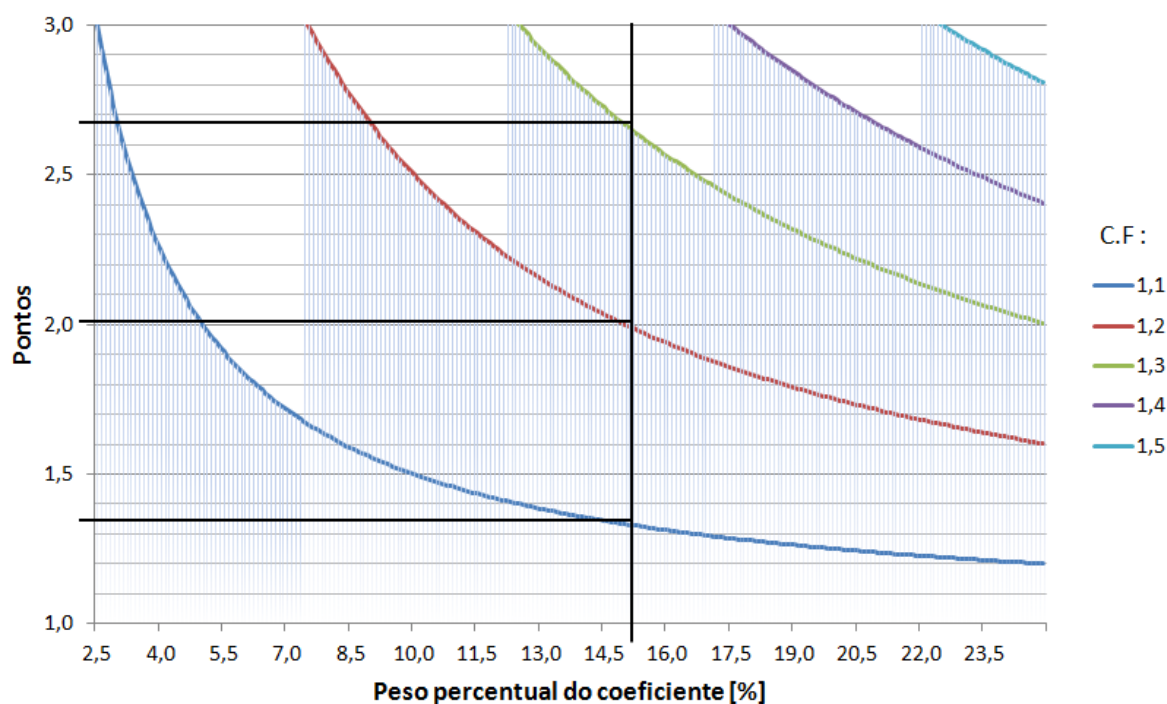


Figura 8.1 – Valores mínimos da pontuação atribuída a um parâmetro, para um dado valor do coeficiente de ponderação, em função da sua influência na classificação da habitação

Em seguida são apresentados dois exemplos de cenários em que a informação retirada do ábaco das figuras 8.1 e 8.2 se revela particularmente útil.

### **Cenário 1**

Observando a figura 8.1, tem-se que, para um coeficiente cujo peso corresponda a 15%, é possível definir os intervalos de pontuação com a respectiva influência na classificação final do nível habitação. Assim, tem-se para o intervalo de 1,4 a 1,9 pontos, um aumento na classificação final de 1,0 para 1,1, ou seja, uma variação de 0,1 pontos. Para os intervalos de 2,0 a 2,6 e de 2,7 a 3,0 pontos correspondem variações na classificação final de 0,2 e 0,3 pontos respetivamente.

A utilidade desta análise comprova-se facilmente, imaginando a situação de uma residência com classificação final do nível Habitação de 1,4 pontos (classe C), e se, visando a obtenção da classe B (1,5 pontos), for possível melhorar o valor de um índice X, cujo coeficiente de ponderação tenha o peso de 15%. A pontuação necessária para atingir a classe seguinte terá que ser superior em 0,4 pontos em relação à pontuação média verificada, ou seja, 1,8 pontos conforme se mostra no quadro 8.2.

Quadro 8.2 – Exemplo 1

|                            | $\alpha$ | Pontos |
|----------------------------|----------|--------|
| <b>Índice X</b>            | 15%      | 1,8    |
| <b>Outros índices</b>      | 85%      | 1,4    |
| <b>Classificação final</b> | 100%     | 1,5    |

### **Cenário 2**

Da observação do ábaco na figura 8.2, é possível definir os valores mínimos a apresentar pelo coeficiente do parâmetro, em função da sua influência na classificação final do nível habitação. Assim para um dado parâmetro possuir uma influência de 0,1 pontos na classificação final da habitação, deverá o seu coeficiente apresentar um peso mínimo de 2,5%. Para o parâmetro poder influenciar a classificação final da habitação em 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5 pontos, o coeficiente associado deverá apresentar valores mínimos de 7,5%, 12,5%, 17,5% e 22,5% respetivamente.

Este raciocínio permite ter uma ideia do peso que um dado coeficiente deve ter, por exemplo, um coeficiente associado a um índice não regulamentar, naturalmente, não deve apresentar um valor superior a 12,5% pois seria muito determinante para a classificação final.

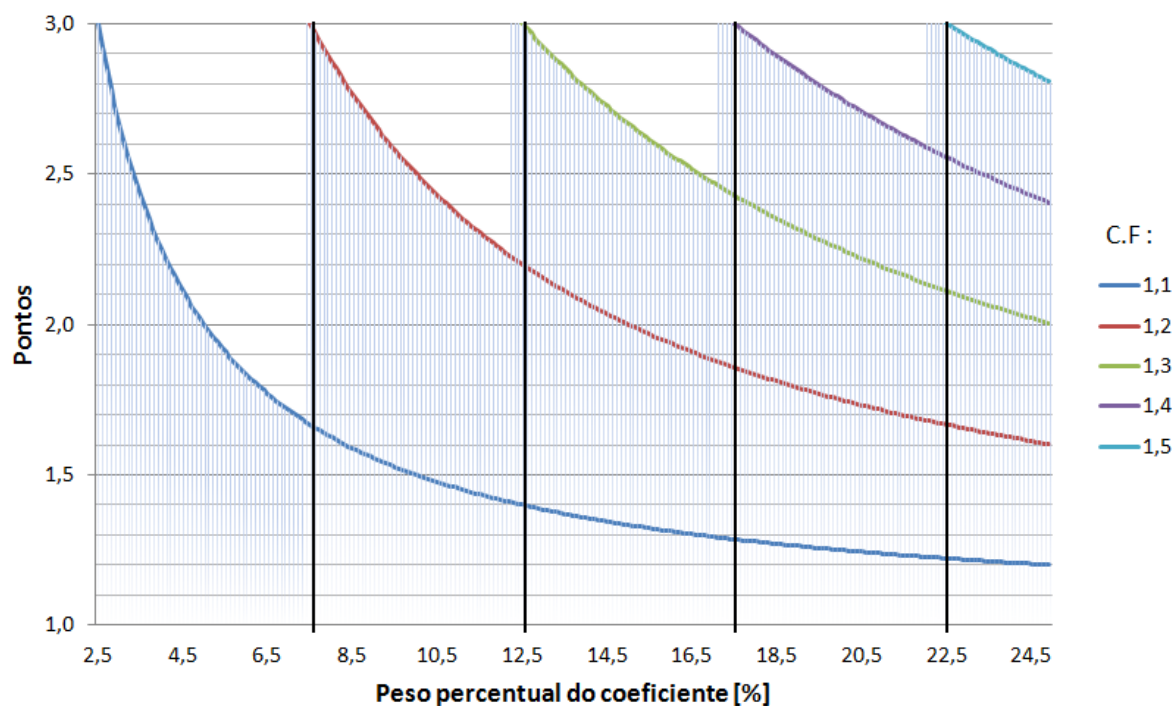


Figura 8.2 – Valores mínimos do coeficiente de ponderação em função da sua influência na classificação da habitação

Se, à análise efetuada, se adicionar a informação dos ábacos definidos no método LNEC, onde são estipulados os pontos em função dos índices verificados, é possível indicar o intervalo de valores que o índice deve assumir de forma a atingir determinada classificação final da habitação.

Esta informação é fornecida nos quadros e ábacos seguintes para cada um dos coeficientes. A gama de valores analisada tem como pressuposto um limite inferior de pontuação de 1,0 (situação regulamentar).

Quadro 8.3 – Coeficiente de ponderação  $\alpha_1$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| 11,00% | $\alpha_1$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_2$ | 6 |
| 10,00% | $\alpha_3$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_4$ | 6 |
| 18,00% | $\alpha_5$ | 7 |
| 15,00% | $\alpha_6$ | 7 |
| 8,00%  | $\alpha_7$ | 3 |
| 8,00%  | $\alpha_8$ | 3 |

Quadro 8.4 – Influência de  $\alpha_1$  na C.F.

| Peso (%)  | Pontos    | Influência na C.F. | Zonas Sensíveis  | Zonas Mistas     |
|-----------|-----------|--------------------|------------------|------------------|
|           |           |                    | Valor do índice  | Valor do índice  |
| 10 a 11,5 | 1 a 1,4   | 0                  | [28 a 29,2] dB   | [33 a 34,2] dB   |
|           | 1,5 a 2,5 | 0,1                | [29,5 a 33,5] dB | [34,5 a 38,5] dB |
|           | 2,6 a 3,0 | 0,2                | [34,0 a 36,0] dB | [39,0 a 41,0] dB |

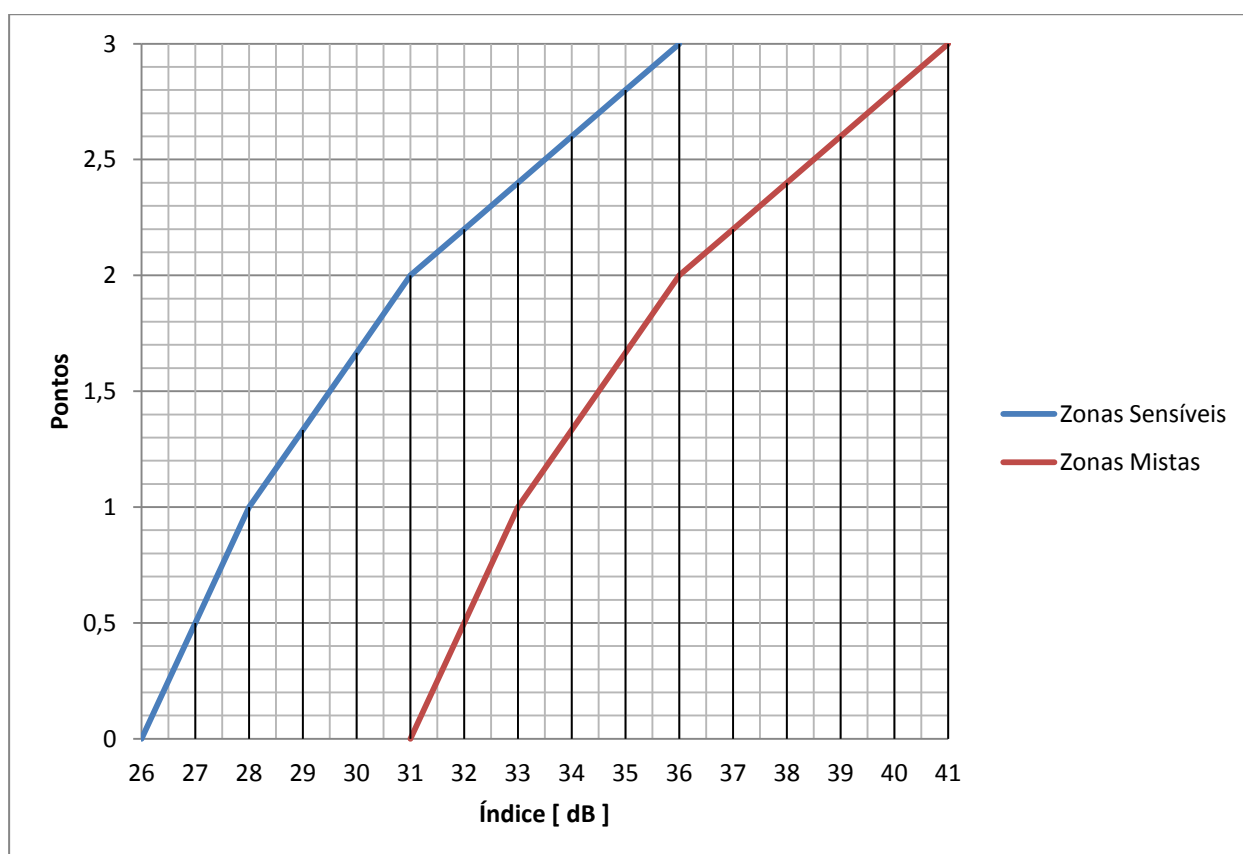


Figura 8.3 – Ábaco de pontuação para o índice  $D_{2m,nT,w}$ , (22)



Quadro 8.5 – Coeficiente de ponderação  $\alpha_2$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| 11,00% | $\alpha_1$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_2$ | 6 |
| 10,00% | $\alpha_3$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_4$ | 6 |
| 18,00% | $\alpha_5$ | 7 |
| 15,00% | $\alpha_6$ | 7 |
| 8,00%  | $\alpha_7$ | 3 |
| 8,00%  | $\alpha_8$ | 3 |

Quadro 8.6 – Influência de  $\alpha_2$  na C.F.

| Peso (%)  | Pontos    | Influência na C.F. | Valor do índice  |
|-----------|-----------|--------------------|------------------|
| 15 a 15,6 | 1 a 1,3   | 0                  | [50 a 50,9] dB   |
|           | 1,4 a 1,9 | 0,1                | [51,2 a 52,7] dB |
|           | 2,0 a 2,6 | 0,2                | [53,0 a 56,0] dB |
|           | 2,7 a 3,0 | 0,3                | [56,5 a 58,0] dB |

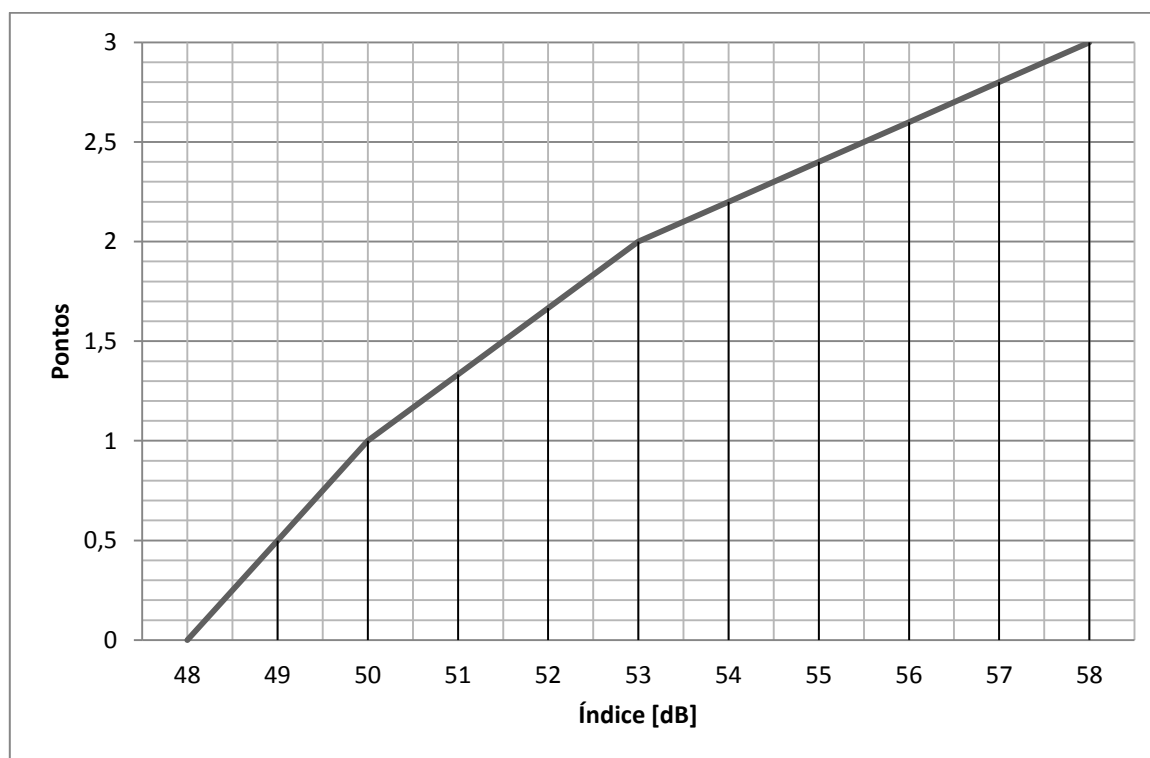


Figura 8.4 – Ábaco de pontuação para o índice  $D_{nT,w}$  (vizinhos) , (22)

Quadro 8.7 – Coeficiente de ponderação  $\alpha_3$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| 11,00% | $\alpha_1$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_2$ | 6 |
| 10,00% | $\alpha_3$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_4$ | 6 |
| 18,00% | $\alpha_5$ | 7 |
| 15,00% | $\alpha_6$ | 7 |
| 8,00%  | $\alpha_7$ | 3 |
| 8,00%  | $\alpha_8$ | 3 |

Quadro 8.8 – Influência de  $\alpha_3$  na C.F.

| Peso (%)  | Pontos    | Influência na C.F. | C/ascensores     | S/ascensores     | Garagem          |
|-----------|-----------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
|           |           |                    | Valor do índice  | Valor do índice  | Valor do índice  |
| 10 a 11,5 | 1 a 1,4   | 0                  | [40,0 a 41,2] dB | [48,0 a 49,2] dB | [50 a 51,2] dB   |
|           | 1,5 a 2,5 | 0,1                | [41,5 a 44,5] dB | [49,5 a 52,5] dB | [51,5 a 54,5] dB |
|           | 2,6 a 3,0 | 0,2                | [45,0 a 48,0] dB | [53,0 a 56,0] dB | [55,0 a 58,0] dB |

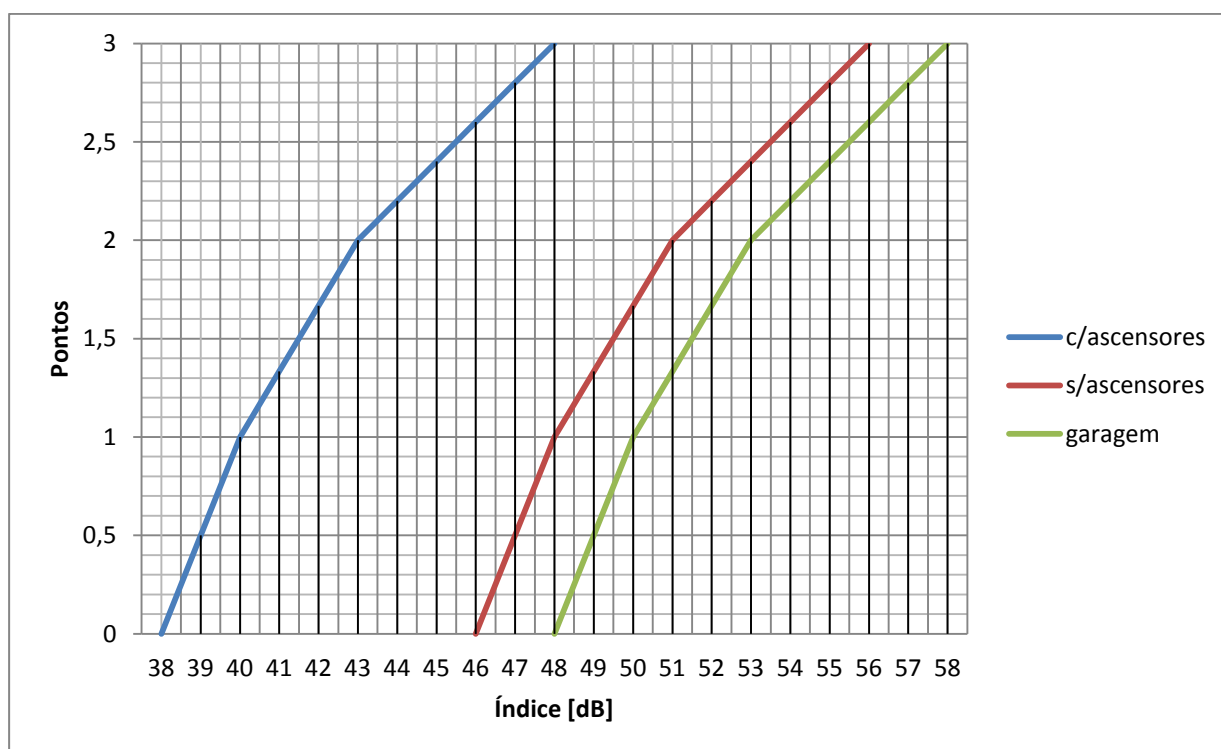


Figura 8.5 – Ábaco de pontuação para o índice  $D_{nT,w}$  (áreas comuns) , (22)

Quadro 8.9 – Coeficiente de ponderação  $\alpha_4$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| 11,00% | $\alpha_1$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_2$ | 6 |
| 10,00% | $\alpha_3$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_4$ | 6 |
| 18,00% | $\alpha_5$ | 7 |
| 15,00% | $\alpha_6$ | 7 |
| 8,00%  | $\alpha_7$ | 3 |
| 8,00%  | $\alpha_8$ | 3 |

Quadro 8.10 – Influência de  $\alpha_4$  na C.F.

| Peso (%)  | Pontos    | Influência na C.F. | Valor do índice  |
|-----------|-----------|--------------------|------------------|
| 15 a 15,6 | 1 a 1,3   | 0                  | [58 a 58,9] dB   |
|           | 1,4 a 1,9 | 0,1                | [59,2 a 60,7] dB |
|           | 2,0 a 2,6 | 0,2                | [61,0 a 64,0] dB |
|           | 2,7 a 3,0 | 0,3                | [64,5 a 66,0] dB |

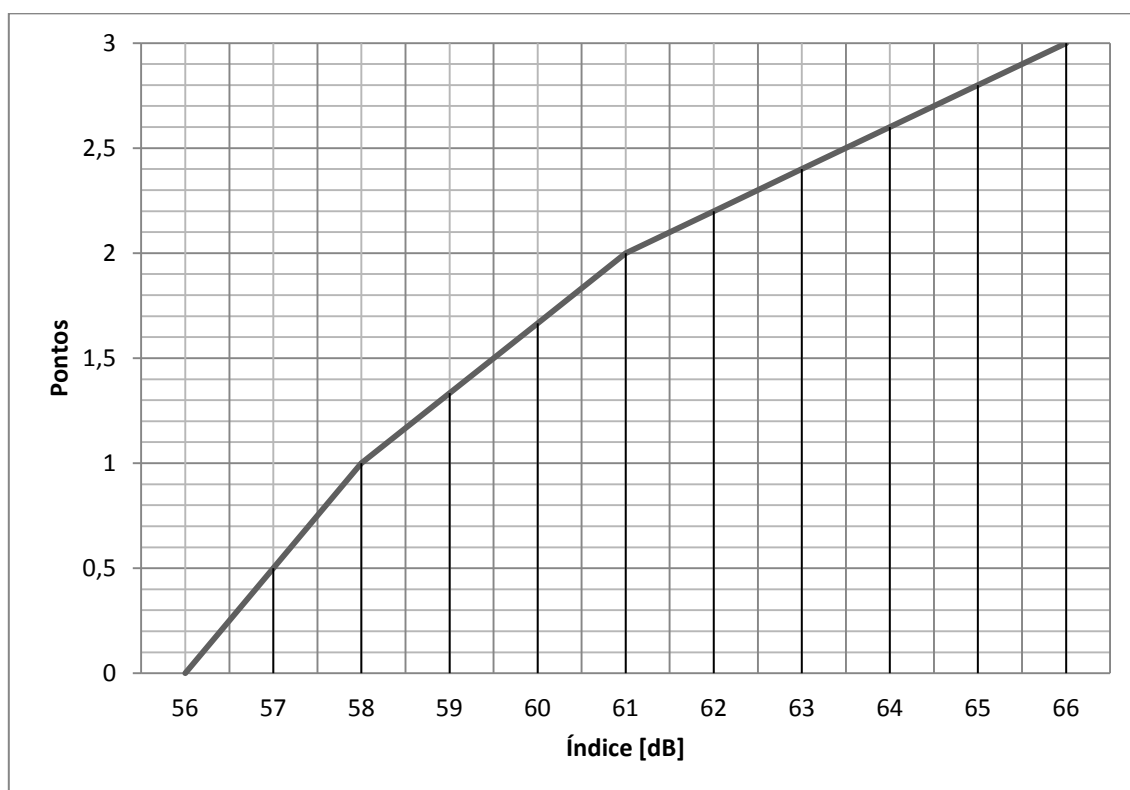


Figura 8.6 – Ábaco de pontuação para o índice  $D_{nT,w}$  (áreas comerciais) , (22)

Quadro 8.11 – Coeficiente de ponderação  $\alpha_5$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| 11,00% | $\alpha_1$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_2$ | 6 |
| 10,00% | $\alpha_3$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_4$ | 6 |
| 18,00% | $\alpha_5$ | 7 |
| 15,00% | $\alpha_6$ | 7 |
| 8,00%  | $\alpha_7$ | 3 |
| 8,00%  | $\alpha_8$ | 3 |

Quadro 8.12 – Influência de  $\alpha_5$  na C.F.

| Peso (%)    | Pontos    | Influência na C.F. | Valor do índice    |
|-------------|-----------|--------------------|--------------------|
| 17,9 a 18,7 | 1 a 1,2   | 0                  | [ 60 a 59,4 ] dB   |
|             | 1,3 a 1,8 | 0,1                | [ 59,0a 57,6 ] dB  |
|             | 1,9 a 2,3 | 0,2                | [ 57,3 a 55,5 ] dB |
|             | 2,4 a 2,8 | 0,3                | [ 55,0 a 53,0 ] dB |
|             | 2,9 a 3,0 | 0,4                | [ 52,5 a 52,0 ] dB |

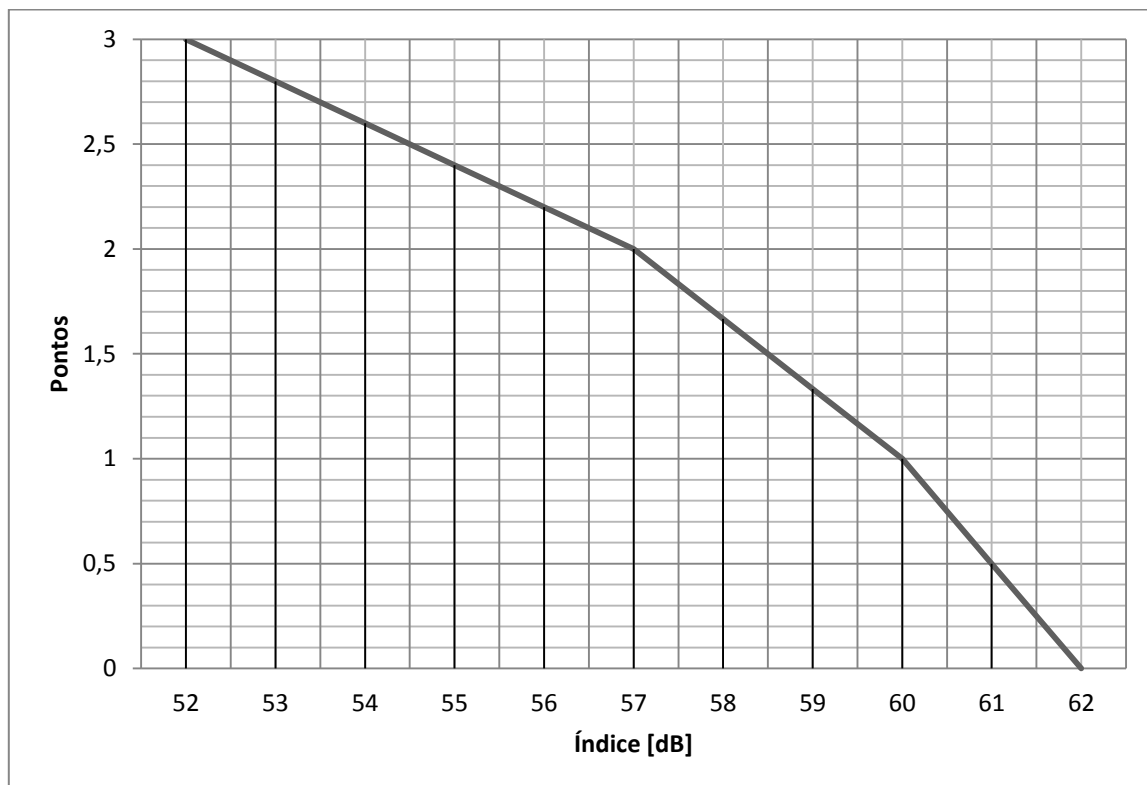


Figura 8.7 – Ábaco de pontuação para o índice  $L'_{nT,w}$  (vizinhos) , (22)

Quadro 8.13 – Coeficiente de ponderação  $\alpha_6$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| 11,00% | $\alpha_1$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_2$ | 6 |
| 10,00% | $\alpha_3$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_4$ | 6 |
| 18,00% | $\alpha_5$ | 7 |
| 15,00% | $\alpha_6$ | 7 |
| 8,00%  | $\alpha_7$ | 3 |
| 8,00%  | $\alpha_8$ | 3 |

Quadro 8.14– Influência de  $\alpha_6$  na C.F.

| Peso (%)  | Pontos    | Influência na C.F. | Valor do índice    |
|-----------|-----------|--------------------|--------------------|
| 15 a 15,6 | 1 a 1,3   | 0                  | [ 50 a 49,0 ] dB   |
|           | 1,4 a 1,9 | 0,1                | [ 48,7a 47,3 ] dB  |
|           | 2,0 a 2,6 | 0,2                | [ 47,0 a 44,0 ] dB |
|           | 2,7 a 3,0 | 0,3                | [ 43,5 a 42,0 ] dB |

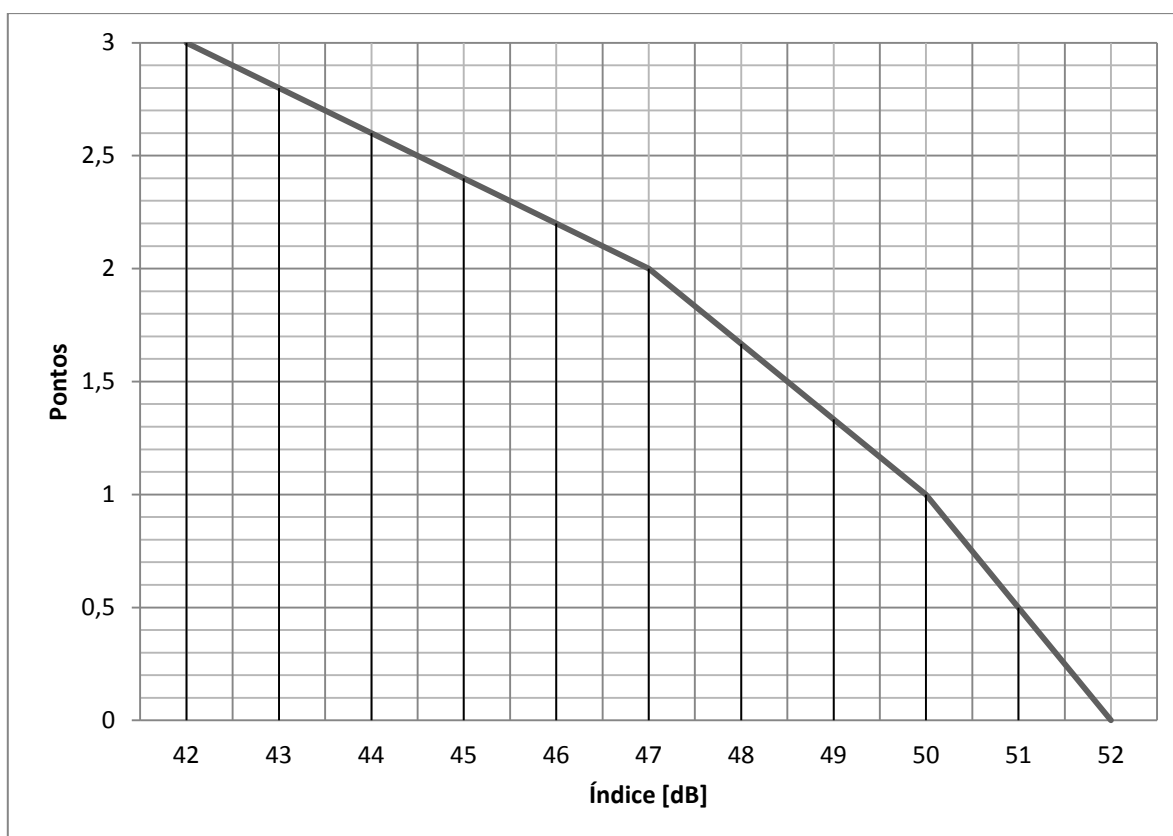


Figura 8.8 – Ábaco de pontuação para o índice  $L'_{nT,w}$  (áreas comerciais) , (22)

Quadro 8.15 – Coeficiente de ponderação  $\alpha_7$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| 11,00% | $\alpha_1$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_2$ | 6 |
| 10,00% | $\alpha_3$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_4$ | 6 |
| 18,00% | $\alpha_5$ | 7 |
| 15,00% | $\alpha_6$ | 7 |
| 8,00%  | $\alpha_7$ | 3 |
| 8,00%  | $\alpha_8$ | 3 |

Quadro 8.16 – Influência de  $\alpha_7$  na C.F.

| Peso (%)  | Pontos    | Influência na C.F. | Contínuo           | Intermitente       | Gerador            |
|-----------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|           |           |                    | Valor do índice    | Valor do índice    | Valor do índice    |
| 7,9 a 8,3 | 1 a 1,6   | 0                  | [ 27,0 a 25,2 ] dB | [ 32,0 a 30,2 ] dB | [ 40,0 a 38,2 ] dB |
|           | 1,7 a 2,8 | 0,1                | [ 24,9 a 20,0 ] dB | [ 29,9 a 25,0 ] dB | [ 37,9 a 33,0 ] dB |
|           | 2,9 a 3,0 | 0,2                | [ 19,5 a 19,0 ] dB | [ 24,5 a 24,0 ] dB | [ 32,5 a 32,0 ] dB |

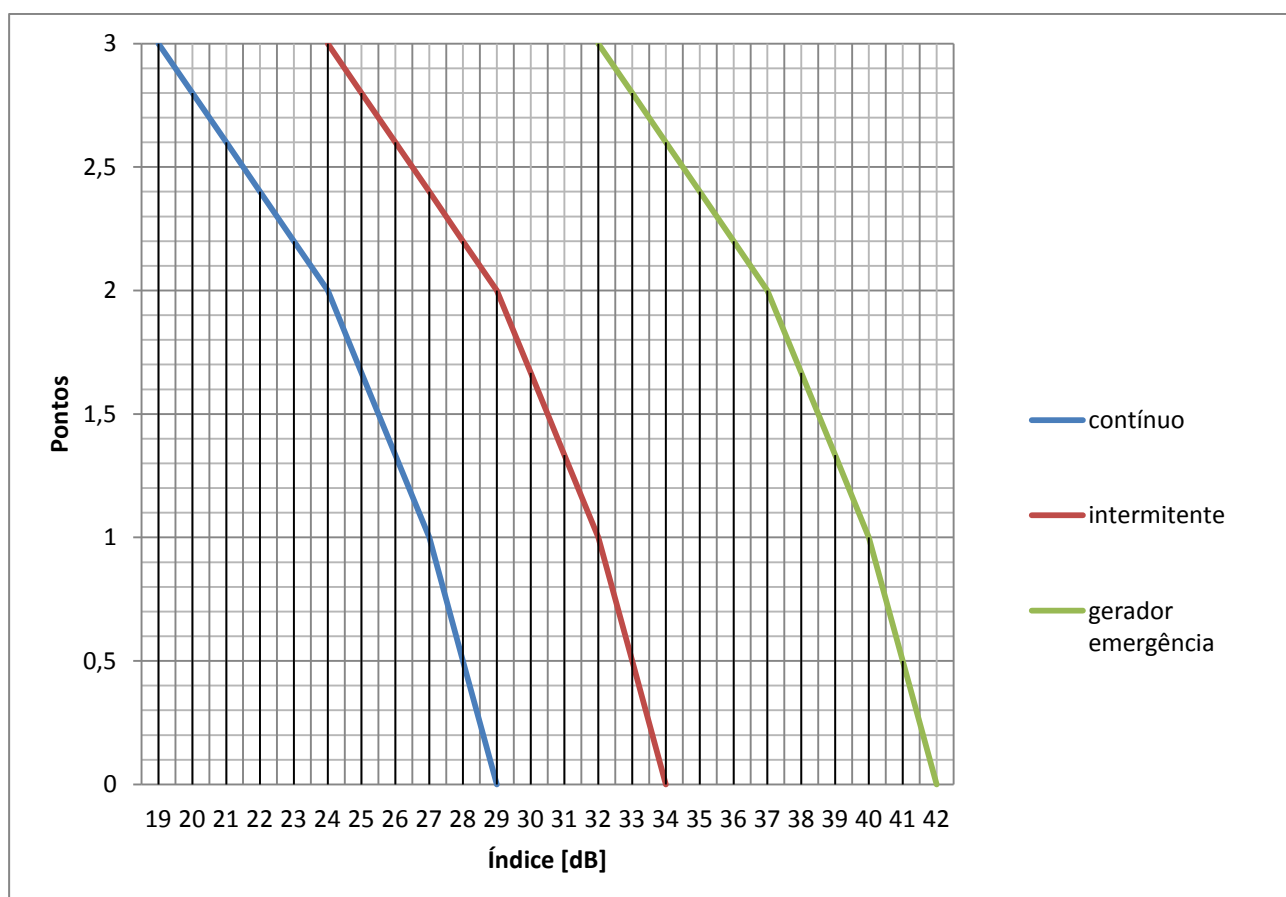


Figura 8.9 – Ábaco de pontuação para o índice  $D_{nT,w}$  (equipamentos) , (22)

Quadro 8.17 – Coeficiente de ponderação  $\alpha_8$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| 11,00% | $\alpha_1$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_2$ | 6 |
| 10,00% | $\alpha_3$ | 4 |
| 15,00% | $\alpha_4$ | 6 |
| 18,00% | $\alpha_5$ | 7 |
| 15,00% | $\alpha_6$ | 7 |
| 8,00%  | $\alpha_7$ | 3 |
| 8,00%  | $\alpha_8$ | 3 |

Quadro 8.18 – Influência de  $\alpha_8$  na C.F.

| Peso (%)  | Pontos    | Influência na C.F. | Valor do índice    |
|-----------|-----------|--------------------|--------------------|
| 7,9 a 8,3 | 1 a 1,6   | 0                  | [ 35,0 a 41,0 ] dB |
|           | 1,7 a 2,8 | 0,1                | [ 41,5 a 47,0 ] dB |
|           | 2,9 a 3,0 | 0,2                | [ 47,5 a 48,0 ] dB |

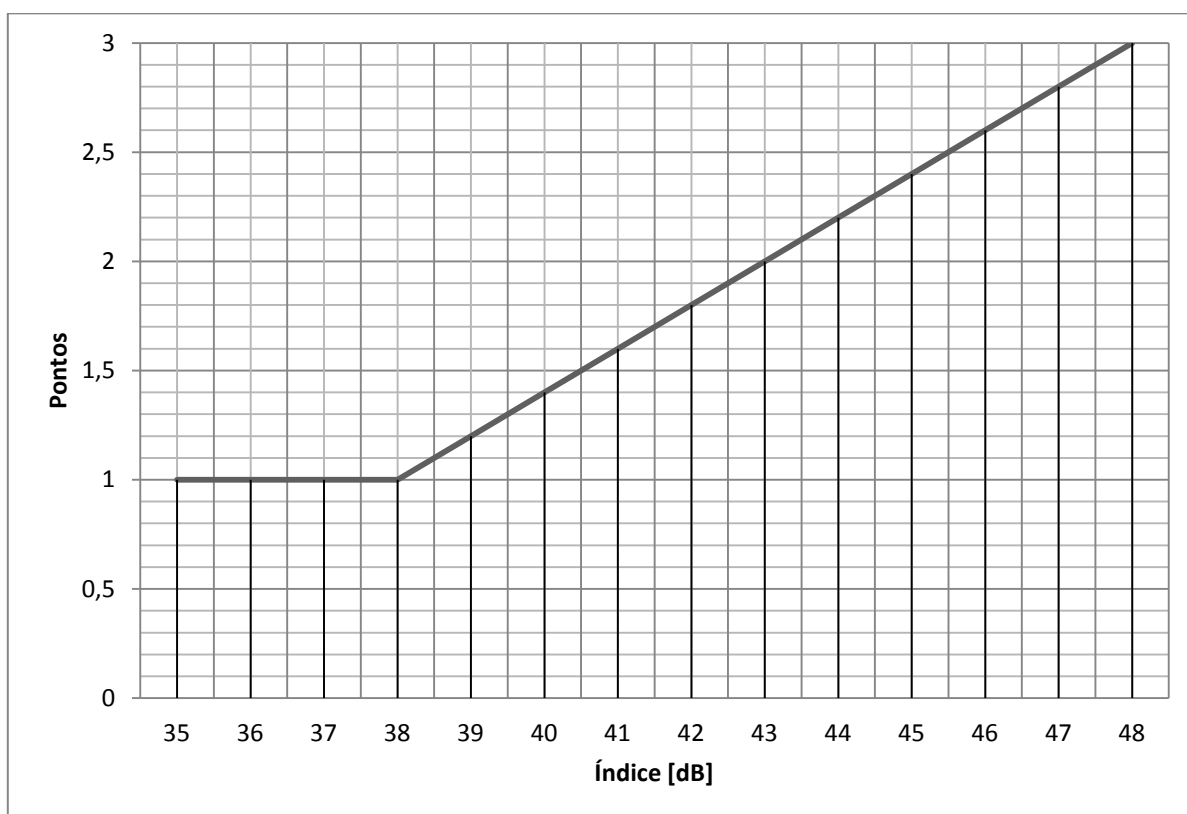


Figura 8.10 – Ábaco de pontuação para o índice  $D_{nT,w}$  (interior da habitação) , (22)





## 9 Conclusões e desenvolvimentos futuros

### 9.1 Síntese conclusiva

Este trabalho académico surgiu a partir da necessidade de aferir um conjunto de valores de ponderação, inseridos num sistema de classificação acústica de edifícios habitacionais, criado recentemente pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Antes de iniciar a investigação visando esses coeficientes, foi feita uma síntese dos métodos de classificação acústica na Europa, para um melhor entendimento deste método em particular, dos seus critérios e da importância de o mesmo integrar no processo de avaliação acústica não só a habitação, como também o edifício e a envolvente. Um método que, sendo muito completo, e ainda assim de simples utilização, pode ser visto como uma referência num contexto europeu.

Dada a dificuldade de se obter valores rigorosos que representem a importância relativa dos isolamentos, com base na percepção das pessoas, optou-se por assumir valores médios. A obtenção desse conjunto de valores foi conseguida através da elaboração de um inquérito social distribuído com recurso a uma ferramenta *online* com o intuito de aproveitar as novas tecnologias para obter um número significativo de respostas.

Dos dados obtidos neste estudo foi possível extrair as conclusões que se enunciam a seguir.

### 9.2 Conclusões

Comparando os valores estimados com os valores tabelados concluiu-se que os índices de isolamento sonoro associados aos ruídos de fogos vizinhos e de áreas comerciais adjacentes possuem maior influência no conforto acústico gerado no interior da habitação. Num patamar de influência inferior, onde se incluem os índices associados a ruídos do exterior, de áreas comuns e de equipamentos, verificou-se algumas discrepâncias entre os valores obtidos e os definidos no método LNEC. Em confronto direto com os valores estimados os coeficientes  $\alpha_1$  e  $\alpha_3$  estão subvalorizados enquanto o coeficiente  $\alpha_7$  se apresenta sobrevalorizado.

Em relação ao coeficiente  $\alpha_8$ , associado ao índice de isolamento sonoro a sons aéreos entre sala e quartos da habitação, o valor estimado supera o valor definido no método LNEC revelando que a população estudada valoriza este aspeto no conforto acústico das suas habitações ainda que não seja um parâmetro regulamentar. O facto de este índice não se encontrar definido na legislação portuguesa justifica que num sistema de classificação acústica o mesmo não possa adquirir um peso maior em relação ao conjunto dos índices de desempenho acústico considerados.

A respeito do inquérito realizado, o facto de se ter recorrido a uma ferramenta de preenchimento *online* para distribuir o inquérito através das redes sociais na internet suscita algumas questões, nomeadamente à falta de controlo sobre a população inquirida. Essas questões foram dissipadas através da aplicação do mesmo questionário, desta vez a uma população numa zona controlada. O conjunto de valores obtido na segunda aplicação do inquérito quando comparado com o primeiro conjunto estimado verificou-se diferenças pouco significativas. A concretização do objetivo

proposto para o inquérito realizado confirma a potencialidade das novas tecnologias na elaboração de estudos desta natureza.

Este trabalho permitiu, através de uma investigação com o intuito de validar de um conjunto de coeficientes e que envolveu a divulgação de um inquérito, sensibilizar um pouco mais a população para a importância do conforto acústico nas habitações. Os resultados que permitiram aferir os coeficientes de ponderação são um contributo para realçar a função destes coeficientes no processo de avaliação acústica de habitações, integrado num recém-criado método de classificação com potencial para ser uma importante ferramenta no reforço dos padrões de qualidade das habitações.

### **9.3 Desenvolvimentos futuros**

No âmbito de desenvolvimento de trabalhos futuros, seria interessante analisar o caso particular dos coeficientes de ponderação associados aos índices de isolamento sonoro entre habitações e áreas comerciais adjacentes.

Relacionado ainda com este tema poderia ser desenvolvido um trabalho, com uma abordagem diferente da realizada nesta dissertação, para aferir os coeficientes de ponderação, talvez num contexto de laboratório em que se sujeite vários indivíduos aos diferentes tipos de ruído.

Outro aspeto a ser explorado seria o de estabelecer uma correspondência entre várias soluções construtivas correntes e as classes de conforto acústico a elas associadas.

## Bibliografia

1. **Pierce, Allan D.** *Acoustics: An Introduction to Its Physical Principles and Applications*. Acoustical Society of America, 1981.
2. **Sresnewsky, Igor.** *Estudo acústico dos Teatros Gregos*. Projeto.
3. **Born, Max e Wolf, Emill.** *Principles of Optics*. Cambridge : Cambrige University Press, 1999.
4. **Tremaine, Howard.** *Audio Cyclopedia*. Michigan : Howard W. Sams & Co., Inc, 1969.
5. **Rossing, Thomas D.** *The Science of Sound*. Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
6. **Kruth, Patricia e et.al.** *Sound*. Cambridge : Cambridge University Press, 2000.
7. **TU0901, COST Action.** Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions. 2009-2013.
8. **Patrício, Jorge.** *Acústica nos Edifícios*. Lisboa : Verlag Dashöfer, 2010.
9. **Silva, Pedro Martins da.** *Projecto de condicionamento acústico de edifícios*. 4ª edição. Lisboa : LNEC, 2010.
10. **Fernandes, João.** *Acústica e Ruídos*. Bauru : UNESP, 2005.
11. **Antunes, Sonia.** *Avaliação do ambiente sonoro em zonas urbanas. Integração de aspectos qualitativos - Tese de Doutoramento*. Aveiro : Universidade de Aveiro, 2011.
12. **Carvalho, A.P. Oliveira de e Rocha, Cecília.** *Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído*. Agência Portuguesa do Ambiente, 2008.
13. **Guski, R.** *Psychological methods for evaluating sound quality and assessing acoustic information*. Acta Acustica, 1997. pp. 765-774. Vol. 83 (5).
14. **Rasmussen, Birgit.** *Sound insulation between dwellings - Requirements in building regulations in Europe*. Horsholm : Elsevier, 2009. pp. 373-385. Vol. 71.
15. **IPQ. INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE - NP EN ISO 140-4:2009 - Acústica.** Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 4: Medição in situ do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos. Lisboa : IPQ, 2009.
16. **IPQ. INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE - NP EN ISO 140-5:2009 - Acústica.** Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 5: Medição in situ do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e de elementos de fachada. Lisboa : IPQ, 2009.
17. **IPQ. INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE - NP EN ISO 717-1:2013 -Acústica.** Classificação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea . Lisboa, 2013.
18. **IPQ. INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE - NP EN ISO 140-7:2008 - Acústica.** Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 7: Medição, in situ, do isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão. Lisboa : IPQ, 2008.
19. **IPQ. INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE - NP EN ISO 717-2:2013 - Acústica.** Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 2: Isolamento sonoro a sons de percussão. Lisboa : IPQ, 2013.
20. **Decretos, Leis.** *"Regulamento de Requisitos Acústicos dos Edifícios"*. PORTUGAL : s.n., DL 96/2008 de 9 de junho.

21. **Rasmussen, Birgit.** *Sound classification of dwellings - quality class ranges and intervals in national schemes in Europe.* Aalborg University, Denmark : EURONOISE2012, 2012.
22. **Patrício, Jorge.** *Método LNEC para Avaliação e Classificação da Qualidade Acústica de Edifícios Habitacionais.* Lisboa : LNEC, 2013.
23. **IPQ.** INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE - NP 4476 - Acústica - Avaliação da incomodidade devida ao ruído por meio de inquéritos sociais e sócio-acústicos. Portugal : IPQ, 2008.
24. **Särndal, C. e et.al.** *Model assisted survey sampling.* New York : Springer, 2003.
25. **Iarossi, Giuseppe.** *O poder da concepção em inquéritos por questionário.* Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 2011.
26. **Guimarães, Rui e Cabral, José.** *Estatística.* Lisboa : McGraw-Hill, 1997.
27. **Bussab, Wilton e Morettin, Pedro.** *Estatística Básica.* Sao Paulo : Saraiva, 2004.
28. **Roth, T., Hanebuth, D. e Probst, R.** Prevalence of age-related hearing loss in Europe: a review. s.l. : Springer, 2011. Vol. 268, pp. 1101–1107.
29. Câmara Municipal de Loures. *Mapas Interativos.* [Online] <http://www.cm-loures.pt/>.
30. **Mateus, Diogo.** *Acústica de Edifícios e Controlo do Ruído.* Lisboa, 2009.
31. **Perrotta, Roberto e Perrotta, Suzete.** *Articulação entre matemática, música e física.* São Paulo : Uninove, 2004. Vol. 3.
32. **Kuerer, Ralf C.** *Classes of Acoustical Comfort in Housing: Improved Information about Noise Control in Buildings.* Berlim : Elsevier, 1997. Vol. 52.
33. **Rasmussen, Birgit.** *Sound classification of dwellings in the Nordic countries - Differences and similarities between the five national schemes.* Aalborg University, Denmark : BNAM2012, 2012.
34. **Decretos, Leis.** "Regulamento Geral do Ruído". PORTUGAL, DL 9/2007 de 18 de Dezembro.
35. **Kinsler, L. e et.al.** *Fundamentals of Acoustics.* New York : Wiley, 2000.
36. **Jagniatinskis, A. e et.al.** Development Classification Scheme for Evaluation Fwellings Sound Insulation Performance in Lithuania. Vilnius : Elsevier, 2013. Vol. 57, pp. 443-449.
37. **CEN.** EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION - EN ISO 12354-1 - Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 1: Airborne sound insulation between rooms. *EN ISO 12354-1.* 2000.
38. **Silva, Rui, Patrício, Jorge e Aelenei, Daniel.** AVALIAÇÃO ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS -ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO ASSOCIADOS AOS ÍNDICES DE COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE HABITAÇÕES. *EAA EUROPEAN SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL ACOUSTICS AND NOISE MAPPING.* 2013, pp. 638-645.

## **Anexos**



## Anexo 1A– Inquérito social

### RUIDOS NA HABITAÇÃO



Este inquérito insere-se num estudo académico desenvolvido numa parceria da FCT-UNL com o LNEC e visa quantificar o peso de cada tipo de ruído no conforto do ocupante de uma habitação em Portugal.

O inquérito está elaborado de forma que consiga estabelecer a que tipos de ruído a sua habitação deve estar melhor protegida.

Todas as informações que fornecer serão usadas apenas para este estudo.

1. Numa escala de 0 a 10 indique qual o seu grau de sensibilidade ao ruído

Marcar apenas um quadrado

Nada Sensível 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Extremamente Sensível

2. Idade

Marcar apenas um quadrado

☐ 18 – 25  
☐ 26 – 35  
☐ 36 – 45  
☐ > 45

3. Concelho

4. Reside numa Zona Rural ou numa Zona Urbana?

Marcar apenas um quadrado

☐ Zona Rural  
☐ Zona Urbana

5. Qual das situações corresponde à sua habitação?

Marcar apenas um quadrado

☐ Casa isolada  
☐ Casa geminada  
☐ Último andar de edifício multifamiliar  
☐ Primeiro andar de edifício multifamiliar com espaço comercial por baixo  
☐ Andar intermédio de edifício multifamiliar  
☐ Rés-do-chão de edifício multifamiliar

6. Número de residentes na habitação?

Marcar apenas um quadrado

☐ 1  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4 a 6  
☐ > 6

7. Idade da habitação?

Marcar apenas um quadrado

☐ <1 Ano  
☐ 1-5 Anos  
☐ 6-10 Anos  
☐ >10 Anos

8. Há quantos anos reside na atual habitação?

Marcar apenas um quadrado

☐ <1 Ano  
☐ 1-5 Anos  
☐ >5 Anos

9. Reside junto a alguma via de tráfego principal que o incomode?

Marcar apenas um quadrado

☐ Sim  
☐ Não

10. Da seguinte lista de ruídos indique 1 ou 2 dos MAIS Incomodativos:

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente do exterior do edifício como por exemplo carros, combóios, aviões, indústria                           |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de espaço comercial adjacente à habitação  |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo música alta, televisão, pessoas a falar, animais domésticos              |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta de garagem                   |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de áreas comuns do edifício como por exemplo pessoas a falar nos corredores do edifício                |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente da sua habitação entre sala e quartos tais como televisão, música, conversas altas, outros semelhantes |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo passos, arrastar de móveis, objetos a cair, outros semelhantes           |

11. O Ruído proveniente de passos ou arrastar de móveis quando comparado com o Ruído de música, televisão, pessoas a falar ou animais domésticos é:

Marcar apenas um quadrado.

☐ Mais Incomodativo  
☐ Menos Incomodativo  
☐ Igualmente Incomodativo  
☐ Não se aplica

12. Com base nas respostas anteriores, indique o número na escala de 0 a 10 que melhor representa o seu grau de desconforto relativo aos seguintes ruídos:

0 - Absolutamente Nada;  
10 - Extremamente;  
1-9 (se está numa situação intermédia);  
N.A. (se o ruído em causa não existe ou não sabe)

Marcar apenas um quadrado por linha.

|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | N/A |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|
| Ruído do exterior como por exemplo carros, combóios, aviões, indústria                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Ruído dos vizinhos do tipo música alta, televisão, pessoas a falar, animais domésticos     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Ruído de espaço comercial adjacente  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Ruído dos vizinhos do tipo pessoas a andar, arrastar móveis, objetos a cair                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Ruído de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta de garagem |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Ruído proveniente de áreas comuns por exemplo pessoas a falar nas escadas ou corredor      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Ruído entre sala e quartos da sua habitação do tipo televisão, música, conversas altas     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |

13. Das seguintes proteções, indique 1 ou 2 que considere MAIS importantes numa habitação:

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente do exterior do edifício como por exemplo carros, combóios, aviões, indústria                           |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente de espaço comercial adjacente à habitação  |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo música alta, televisão, pessoas a falar, animais domésticos              |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta de garagem                   |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente de áreas comuns do edifício como por exemplo pessoas a falar nos corredores do edifício                |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente da sua habitação entre sala e quartos tais como televisão, música, conversas altas, outros semelhantes |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo passos, arrastar de móveis, objetos a cair, outros semelhantes           |

14. Com base nas respostas anteriores, indique o número na escala de 0 a 10 que melhor representa a importância das seguintes proteções:

0 - Nada importante;  
10 - Extremamente importante;  
1-9 (se está numa situação intermédia);  
N.A. (não se aplica)

Marcar apenas um quadrado por linha.

|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | N/A |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|
| Proteção ao ruído do exterior como por exemplo carros, combóios, aviões, indústria                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Proteção ao ruído dos vizinhos do tipo música alta, televisão, pessoas a falar, animais            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Proteção ao ruído de espaço comercial adjacente  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Proteção ao ruído dos vizinhos do tipo pessoas a andar, arrastar móveis, objetos a cair            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Proteção ao ruído de equipamentos do tipo elevador, canalização, porta de garagem                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Proteção ao ruído proveniente de áreas comuns tipo pessoas a falar nas escadas ou corredor         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |
| Proteção ao ruído entre sala e quartos da sua habitação do tipo televisão, música, conversas altas |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |     |

Obrigado pela sua atenção e disponibilidade!





# RUÍDOS NA HABITAÇÃO



Este inquérito insere-se num estudo académico desenvolvido numa parceria da FCT-UNL com o LNEC e visa quantificar o peso de cada tipo de ruído no conforto do ocupante de uma habitação em Portugal.

O inquérito está elaborado de forma que consiga estabelecer a que tipos de ruído a sua habitação deve estar melhor protegida.

Todas as informações que fornecer serão usadas apenas para este estudo.

## 1. Numa escala de 0 a 10 indique qual o seu grau de sensibilidade ao ruído

Marcar apenas um quadrado

|          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |              |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| Nada     | 0                        | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       | Extremamente |
| Sensível | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sensível     |

## 2. Idade

Marcar apenas um quadrado

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> | 18 – 25 |
| <input type="checkbox"/> | 26 – 39 |
| <input type="checkbox"/> | 40 – 65 |
| <input type="checkbox"/> | > 65    |

## 3. Concelho

## 4. Reside numa Zona Rural ou numa Zona Urbana?

Marcar apenas um quadrado

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| <input type="checkbox"/> | Zona Rural  |
| <input type="checkbox"/> | Zona Urbana |

## 5. Qual das situações corresponde à sua habitação?

Marcar apenas um quadrado

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Casa isolada  |
| <input type="checkbox"/> | Casa geminada   |
| <input type="checkbox"/> | Último andar de edifício multifamiliar                                  |
| <input type="checkbox"/> | Primeiro andar de edifício multifamiliar com espaço comercial por baixo |
| <input type="checkbox"/> | Andar intermédio de edifício multifamiliar                              |
| <input type="checkbox"/> | Rés-do-chão de edifício multifamiliar                                   |

**6. Número de residentes da habitação?**

Marcar apenas um quadrado

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> | 1     |
| <input type="checkbox"/> | 2     |
| <input type="checkbox"/> | 3     |
| <input type="checkbox"/> | 4 a 6 |
| <input type="checkbox"/> | > 6   |

**7. Idade da habitação?**

Marcar apenas um quadrado

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <input type="checkbox"/> | <1 Ano    |
| <input type="checkbox"/> | 1-5 Anos  |
| <input type="checkbox"/> | 6-10 Anos |
| <input type="checkbox"/> | >10 Anos  |

**8. Há quantos anos reside na atual habitação?**

Marcar apenas um quadrado

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| <input type="checkbox"/> | <1 Ano   |
| <input type="checkbox"/> | 1-5 Anos |
| <input type="checkbox"/> | >5 Anos  |

**9. Reside junto a alguma via de tráfego principal que o incomode?**

Marcar apenas um quadrado

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

**10. Da seguinte lista de ruídos indique 1 ou 2 dos MAIS Incomodativos:**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente do exterior do edifício como por exemplo carros, comboios, aviões, indústria                           |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de espaço comercial adjacente à habitação  |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo música alta; televisão; pessoas a falar; animais domésticos              |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta de garagem                   |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de áreas comuns do edifício como por exemplo pessoas a falar nos corredores do edifício                |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente da sua habitação entre sala e quartos tais como televisão, música, conversas altas, outros semelhantes |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo passos, arrastar de móveis, objetos a cair, outros semelhantes           |

11. O Ruído proveniente de passos ou arrastar de móveis quando comparado com o Ruído de música, televisão, pessoas a falar ou animais domésticos é:

Marcar apenas um quadrado.

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Mais Incomodativo       |
| <input type="checkbox"/> | Menos Incomodativo      |
| <input type="checkbox"/> | Igualmente Incomodativo |
| <input type="checkbox"/> | Não se aplica           |

12. Com base nas respostas anteriores, indique o número na escala de 0 a 10 que melhor representa o seu grau de desconforto relativo aos seguintes ruídos:

0 - Absolutamente Nada;

10 - Extremamente;

1-9 (se está numa situação intermédia);

N.A. (se o ruído em causa não existe ou não sabe)

Marcar apenas um quadrado por linha.

|  | 0                        | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       | N/A                      |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ruído do exterior como por exemplo carros, comboios, aviões, indústria                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído dos vizinhos do tipo música alta, televisão, pessoas a falar, animais domésticos     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído de espaço comercial adjacente  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído dos vizinhos do tipo pessoas a andar, arrastar móveis, objetos a cair                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta da garagem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído proveniente de áreas comuns por exemplo pessoas a falar nas escadas ou corredor      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído entre sala e quartos da sua habitação do tipo televisão, música, conversas altas     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

13. Das seguintes proteções, indique 1 ou 2 que considere MAIS importantes numa habitação:

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente do exterior do edifício como por exemplo carros, comboios, aviões, indústria                           |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente de espaço comercial adjacente à habitação  |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo música alta; televisão; pessoas a falar; animais domésticos              |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta de garagem                   |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente de áreas comuns do edifício como por exemplo pessoas a falar nos corredores do edifício                |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente da sua habitação entre sala e quartos tais como televisão, música, conversas altas, outros semelhantes |
| <input type="checkbox"/> | Proteção contra o ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo passos, arrastar de móveis, objetos a cair, outros semelhantes           |

14. Com base nas respostas anteriores, indique o número na escala de 0 a 10 que melhor representa a importância das seguintes proteções:



0 - Nada importante;  
10 - Extremamente importante;  
1-9 (se está numa situação intermédia);  
N/A. (não se aplica)

Marcar apenas um quadrado por linha.

|  | 0                        | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       | N/A                      |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Proteção ao ruído do exterior como por exemplo carros, comboios, aviões, indústria                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Proteção ao ruído dos vizinhos do tipo música alta, televisão, pessoas a falar, animais            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Proteção ao ruído de espaço comercial adjacente  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Proteção ao ruído dos vizinhos do tipo pessoas a andar, arrastar móveis, objetos a cair            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Proteção ao ruído de equipamentos do tipo elevador, canalização, porta da garagem                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Proteção ao ruído proveniente de áreas comuns tipo pessoas a falar nas escadas ou corredor         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Proteção ao ruído entre sala e quartos da sua habitação do tipo televisão, música, conversas altas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Obrigado pela sua atenção e disponibilidade!

## Anexo 1B– Inquérito social personalizado

**RUIDOS NA HABITAÇÃO**

Este inquérito insere-se num estudo académico desenvolvido numa parceria da FCT-UNL com o LNEC e visa quantificar o peso de cada tipo de ruído no conforto do ocupante de uma habitação em Portugal.

O inquérito está elaborado de forma que consiga estabelecer a que tipos de ruído a sua habitação deve estar melhor protegida.

Todas as informações que fornecer serão usadas apenas para este estudo.

---

**1. Numa escala de 0 a 10 indique qual o seu grau de sensibilidade ao ruído**  
 Marcar apenas um quadrado

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nada Sensível            | 0                        | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       | Extremamente Sensível    |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

---

**2. Idade**  
 Marcar apenas um quadrado

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> | 18 – 25 |
| <input type="checkbox"/> | 26 – 39 |
| <input type="checkbox"/> | 40 – 65 |
| <input type="checkbox"/> | > 65    |

---

**3. Número de residentes na habitação?**  
 Marcar apenas um quadrado

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> | 1     |
| <input type="checkbox"/> | 2     |
| <input type="checkbox"/> | 3     |
| <input type="checkbox"/> | 4 a 6 |
| <input type="checkbox"/> | > 6   |

---

**4. Da seguinte lista de ruídos indique 1 ou 2 dos MAIS Incomodativos na sua habitação:**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente do exterior do edifício como por exemplo carros, comboios, aviões, indústria                           |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de espaço comercial adjacente à habitação  |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo música alta, televisão, pessoas a falar, animais domésticos              |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta de garagem                   |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de áreas comuns do edifício como por exemplo pessoas a falar nos corredores do edifício                |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente da sua habitação entre sala e quartos tais como televisão, música, conversas altas, outros semelhantes |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo passos, arrastar de móveis, objetos a cair, outros semelhantes           |

**5. O Ruído proveniente de passos ou arrastar de móveis quando comparado com o Ruído de música, televisão, pessoas a falar ou animais domésticos é:**  
 Marcar apenas um quadrado.

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Mais Incomodativo       |
| <input type="checkbox"/> | Menos Incomodativo      |
| <input type="checkbox"/> | Igualmente Incomodativo |
| <input type="checkbox"/> | Não se aplica           |

---

**6. Com base nas respostas anteriores, indique o número na escala de 0 a 10 que melhor representa o seu grau de desconforto relativo aos seguintes ruídos:**

0 – Absolutamente Nada;  
 10 – Extremamente;  
 1-9 (se está numa situação intermédia);  
 N.A. (se não ouve o ruído em causa)

Marcar apenas um quadrado por linha.

|  | 0                        | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       | N/A                      |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ruído do exterior como por exemplo carros, comboios, aviões, indústria                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído dos vizinhos do tipo música alta, televisão, pessoas a falar, animais domésticos     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído de espaço comercial adjacente  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído dos vizinhos do tipo pessoas a andar, arrastar móveis, objetos a cair                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta da garagem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído proveniente de áreas comuns por exemplo pessoas a falar nas escadas ou corredor      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído entre sala e quartos da sua habitação do tipo televisão, música, conversas altas     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Se preferir submeter as suas respostas pela Internet pode fazê-lo a partir do seguinte site:  
<http://confortoacustico.wix.com/inquerito>

Obrigado pela sua atenção e disponibilidade!



# RUÍDOS NA HABITAÇÃO



Este inquérito insere-se num estudo académico desenvolvido numa parceria da FCT-UNL com o LNEC e visa quantificar o peso de cada tipo de ruído no conforto do ocupante de uma habitação em Portugal.

O inquérito está elaborado de forma que consiga estabelecer a que tipos de ruído a sua habitação deve estar melhor protegida.

Todas as informações que fornecer serão usadas apenas para este estudo.

## 1. Numa escala de 0 a 10 indique qual o seu grau de sensibilidade ao ruído

Marcar apenas um quadrado

|               |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                       |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Nada Sensível | 0                        | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       | Extremamente Sensível |
|               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                       |

## 2. Idade

Marcar apenas um quadrado

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> | 18 – 25 |
| <input type="checkbox"/> | 26 – 39 |
| <input type="checkbox"/> | 40 – 65 |
| <input type="checkbox"/> | > 65    |

## 3. Número de residentes da habitação?

Marcar apenas um quadrado

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> | 1     |
| <input type="checkbox"/> | 2     |
| <input type="checkbox"/> | 3     |
| <input type="checkbox"/> | 4 a 6 |
| <input type="checkbox"/> | > 6   |

## 4. Da seguinte lista de ruídos indique 1 ou 2 dos MAIS Incomodativos na sua habitação:

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente do exterior do edifício como por exemplo carros, comboios, aviões, indústria                           |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de espaço comercial adjacente à habitação  |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo música alta; televisão; pessoas a falar; animais domésticos              |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta de garagem                   |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente de áreas comuns do edifício como por exemplo pessoas a falar nos corredores do edifício                |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente da sua habitação entre sala e quartos tais como televisão, música, conversas altas, outros semelhantes |
| <input type="checkbox"/> | Ruído proveniente dos vizinhos como por exemplo passos, arrastar de móveis, objetos a cair, outros semelhantes           |

5. O Ruído proveniente de passos ou arrastar de móveis quando comparado com o Ruído de música, televisão, pessoas a falar ou animais domésticos é:

Marcar apenas um quadrado.

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Mais Incomodativo       |
| <input type="checkbox"/> | Menos Incomodativo      |
| <input type="checkbox"/> | Igualmente Incomodativo |
| <input type="checkbox"/> | Não se aplica           |

6. Com base nas respostas anteriores, indique o número na escala de 0 a 10 que melhor representa o seu grau de desconforto relativo aos seguintes ruídos:

0 - Absolutamente Nada;  
 10 - Extremamente;  
 1-9 (se está numa situação Intermediária);  
 N.A. (se não ouve o ruído em causa)

Marcar apenas um quadrado por linha.

|  | 0                        | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       | N/A                      |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ruído do exterior como por exemplo carros, combolos, aviões, indústria                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído dos vizinhos do tipo música alta, televisão, pessoas a falar, animais domésticos     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído de espaço comercial adjacente  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído dos vizinhos do tipo pessoas a andar, arrastar móveis, objetos a cair                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído de equipamentos do edifício como por exemplo elevador, canalização, porta da garagem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído proveniente de áreas comuns por exemplo pessoas a falar nas escadas ou corredor      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído entre sala e quartos da sua habitação do tipo televisão, música, conversas altas     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Se preferir submeter as suas respostas pela Internet pode fazê-lo a partir do seguinte site:

<http://confortoacustico.wix.com/inquerito>

Obrigado pela sua atenção e disponibilidade!



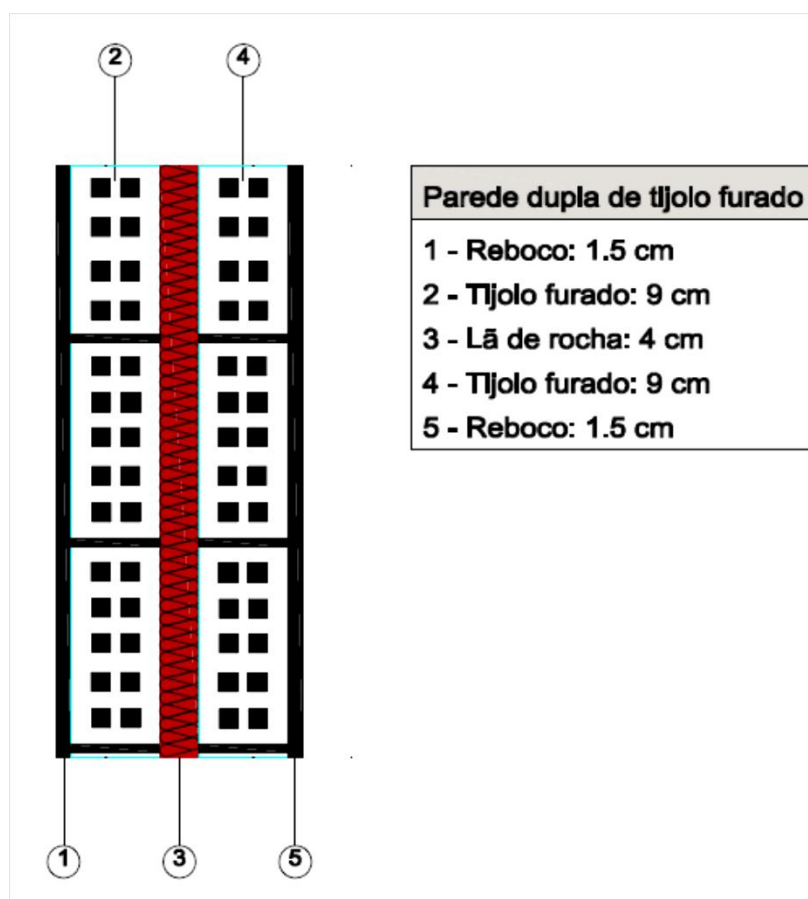
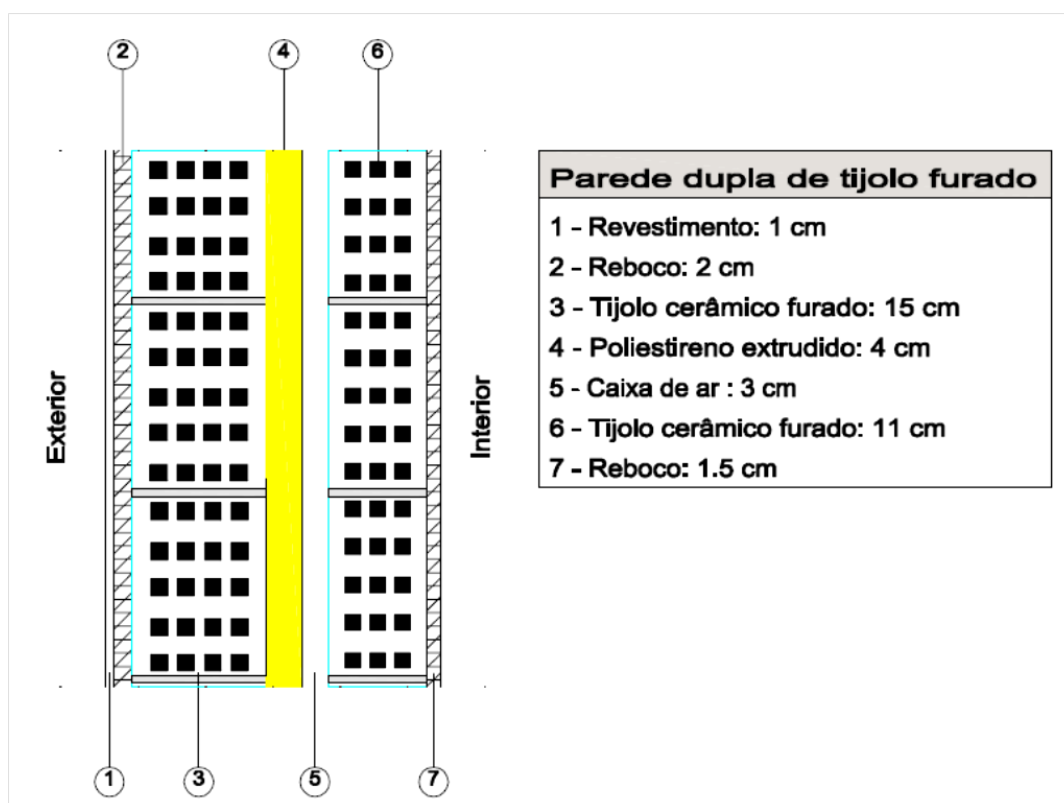
## Anexo 2 – Tabela de influência dos coeficientes associados a ruído aéreo

| $\alpha$    |                 |                    | $\Delta$ Valor do índice |
|-------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| Peso (%)    | $\Delta$ Pontos | Influência na C.F. |                          |
| 0 a 2,4     | 0 a 2,0         | 0                  | [ 0 a 8,0 ] dB           |
| 2,5 a 2,6   | 0 a 1,9         | 0                  | [ 0 a 7,5 ] dB           |
|             | 2,0             | 0,1                | [ 8,0 ] dB               |
| 2,7         | 0 a 1,8         | 0                  | [ 0 a 7,0 ] dB           |
|             | 1,9 a 2,0       | 0,1                | [ 7,5 a 8,0 ] dB         |
| 2,8 a 2,9   | 0 a 1,7         | 0                  | [ 0 a 6,5 ] dB           |
|             | 1,8 a 2,0       | 0,1                | [ 7,0 a 8,0 ] dB         |
| 3,0 a 3,1   | 0 a 1,6         | 0                  | [ 0 a 6,0 ] dB           |
|             | 1,7 a 2,0       | 0,1                | [ 6,5 a 8,0 ] dB         |
| 3,2 a 3,3   | 0 a 1,5         | 0                  | [ 0 a 5,5 ] dB           |
|             | 1,6 a 2,0       | 0,1                | [ 6,0 a 8,0 ] dB         |
| 3,4 a 3,5   | 0 a 1,4         | 0                  | [ 0 a 5,0 ] dB           |
|             | 1,5 a 2,0       | 0,1                | [ 5,5 a 8,0 ] dB         |
| 3,6 a 3,8   | 0 a 1,3         | 0                  | [ 0 a 4,5 ] dB           |
|             | 1,4 a 2,0       | 0,1                | [ 5,0 a 8,0 ] dB         |
| 3,9 a 4,1   | 0 a 1,2         | 0                  | [ 0 a 4,0 ] dB           |
|             | 1,3 a 2,0       | 0,1                | [ 4,5 a 8,0 ] dB         |
| 4,2 a 4,5   | 0 a 1,1         | 0                  | [ 0 a 3,5 ] dB           |
|             | 1,2 a 2,0       | 0,1                | [ 4,0 a 8,0 ] dB         |
| 4,6 a 4,9   | 0 a 1,0         | 0                  | [ 0 a 3,0 ] dB           |
|             | 1,1 a 2,0       | 0,1                | [ 3,5 a 8,0 ] dB         |
| 5,0 a 5,5   | 0 a 0,9         | 0                  | [ 0 a 2,7 ] dB           |
|             | 1,0 a 2,0       | 0,1                | [ 3,0 a 8,0 ] dB         |
| 5,6 a 6,2   | 0 a 0,8         | 0                  | [ 0 a 2,4 ] dB           |
|             | 0,9 a 2,0       | 0,1                | [ 2,7 a 8,0 ] dB         |
| 6,3 a 7,1   | 0 a 0,7         | 0                  | [ 0 a 2,1 ] dB           |
|             | 0,8 a 2,0       | 0,1                | [ 2,4 a 8,0 ] dB         |
| 7,2 a 7,4   | 0 a 0,6         | 0                  | [ 0 a 1,8 ] dB           |
|             | 0,7 a 2,0       | 0,1                | [ 2,1 a 8,0 ] dB         |
| 7,5 a 7,8   | 0 a 0,6         | 0                  | [ 0 a 1,8 ] dB           |
|             | 0,7 a 1,9       | 0,1                | [ 2,1 a 7,5 ] dB         |
|             | 2,0             | 0,2                | [ 8,0 ] dB               |
| 7,9 a 8,3   | 0 a 0,6         | 0                  | [ 0 a 1,8 ] dB           |
|             | 0,7 a 1,8       | 0,1                | [ 2,1 a 7,0 ] dB         |
|             | 1,9 a 2,0       | 0,2                | [ 7,5 a 8,0 ] dB         |
| 8,4 a 8,8   | 0 a 0,5         | 0                  | [ 0 a 1,5 ] dB           |
|             | 0,6 a 1,7       | 0,1                | [ 1,8 a 6,0 ] dB         |
|             | 1,8 a 2,0       | 0,2                | [ 6,5 a 8,0 ] dB         |
| 8,9 a 9,9   | 0 a 0,5         | 0                  | [ 0 a 1,5 ] dB           |
|             | 0,6 a 1,6       | 0,1                | [ 1,8 a 5,5 ] dB         |
|             | 1,7 a 2,0       | 0,2                | [ 6,0 a 8,0 ] dB         |
| 10,0 a 11,5 | 0 a 0,4         | 0                  | [ 0 a 1,2 ] dB           |
|             | 0,5 a 1,3       | 0,1                | [ 1,5 a 4,5 ] dB         |
|             | 1,4 a 2,0       | 0,2                | [ 5,0 a 8,0 ] dB         |
| 11,6 a 12,4 | 0 a 0,4         | 0                  | [ 0 a 1,2 ] dB           |
|             | 0,5 a 1,2       | 0,1                | [ 1,5 a 4,0 ] dB         |
|             | 1,3 a 2,0       | 0,2                | [ 4,5 a 8,0 ] dB         |

| $\alpha$    |                 |                    | $\Delta$ Valor do índice |
|-------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| Peso (%)    | $\Delta$ Pontos | Influência na C.F. |                          |
| 12,5 a 13,8 | 0 a 0,3         | 0                  | [ 0 a 0,9 ] dB           |
|             | 0,4 a 1,0       | 0,1                | [ 1,2 a 3,0 ] dB         |
|             | 1,1 a 1,8       | 0,2                | [ 3,5 a 7,0 ] dB         |
|             | 1,9 a 2,0       | 0,3                | [ 7,5 a 8,0 ] dB         |
| 13,9 a 14,7 | 0 a 0,3         | 0                  | [ 0 a 0,9 ] dB           |
|             | 0,4 a 1,0       | 0,1                | [ 1,2 a 3,0 ] dB         |
|             | 1,1 a 1,7       | 0,2                | [ 3,5 a 6,5 ] dB         |
|             | 1,8 a 2,0       | 0,3                | [ 7,0 a 8,0 ] dB         |
| 14,8 a 14,9 | 0 a 0,3         | 0                  | [ 0 a 0,9 ] dB           |
|             | 0,4 a 1,0       | 0,1                | [ 1,2 a 3,0 ] dB         |
|             | 1,1 a 1,6       | 0,2                | [ 3,5 a 6,0 ] dB         |
|             | 1,7 a 2,0       | 0,3                | [ 6,5 a 8,0 ] dB         |
| 15,0 a 15,6 | 0 a 0,3         | 0                  | [ 0 a 0,9 ] dB           |
|             | 0,4 a 0,9       | 0,1                | [ 1,2 a 2,7 ] dB         |
|             | 1,0 a 1,6       | 0,2                | [ 3,0 a 6,0 ] dB         |
|             | 1,7 a 2,0       | 0,3                | [ 6,5 a 8,0 ] dB         |
| 15,7 a 16,6 | 0 a 0,3         | 0                  | [ 0 a 0,9 ] dB           |
|             | 0,4 a 0,9       | 0,1                | [ 1,2 a 2,7 ] dB         |
|             | 1,0 a 1,5       | 0,2                | [ 3,0 a 5,5 ] dB         |
|             | 1,6 a 2,0       | 0,3                | [ 6,0 a 8,0 ] dB         |
| 16,7 a 17,4 | 0 a 0,2         | 0                  | [ 0 a 0,6 ] dB           |
|             | 0,3 a 0,8       | 0,1                | [ 0,9 a 2,4 ] dB         |
|             | 0,9 a 1,4       | 0,2                | [ 2,7 a 5,0 ] dB         |
|             | 1,5 a 2,0       | 0,3                | [ 5,5 a 8,0 ] dB         |
| 17,5 a 17,8 | 0 a 0,2         | 0                  | [ 0 a 0,6 ] dB           |
|             | 0,3 a 0,8       | 0,1                | [ 0,9 a 2,4 ] dB         |
|             | 0,9 a 1,4       | 0,2                | [ 2,7 a 5,0 ] dB         |
|             | 1,5 a 1,9       | 0,3                | [ 5,5 a 7,5 ] dB         |
|             | 2,0             | 0,4                | [ 8,0 ] dB               |
| 17,9 a 18,7 | 0 a 0,2         | 0                  | [ 0 a 0,6 ] dB           |
|             | 0,3 a 0,8       | 0,1                | [ 0,9 a 2,4 ] dB         |
|             | 0,9 a 1,3       | 0,2                | [ 2,7 a 4,5 ] dB         |
|             | 1,4 a 1,8       | 0,3                | [ 5,0 a 7,0 ] dB         |
|             | 1,9 a 2,0       | 0,4                | [ 7,5 a 8,0 ] dB         |
| 18,8 a 24,9 | 0 a 0,2         | 0                  | [ 0 a 0,6 ] dB           |
|             | 0,3 a 0,6       | 0,1                | [ 0,9 a 1,8 ] dB         |
|             | 0,7 a 1,0       | 0,2                | [ 2,1 a 3,0 ] dB         |
|             | 1,1 a 1,4       | 0,3                | [ 3,5 a 5,0 ] dB         |
|             | 1,5 a 1,8       | 0,4                | [ 5,5 a 7,0 ] dB         |
|             | 1,9 a 2,0       | 0,5                | [ 7,5 a 8,0 ] dB         |

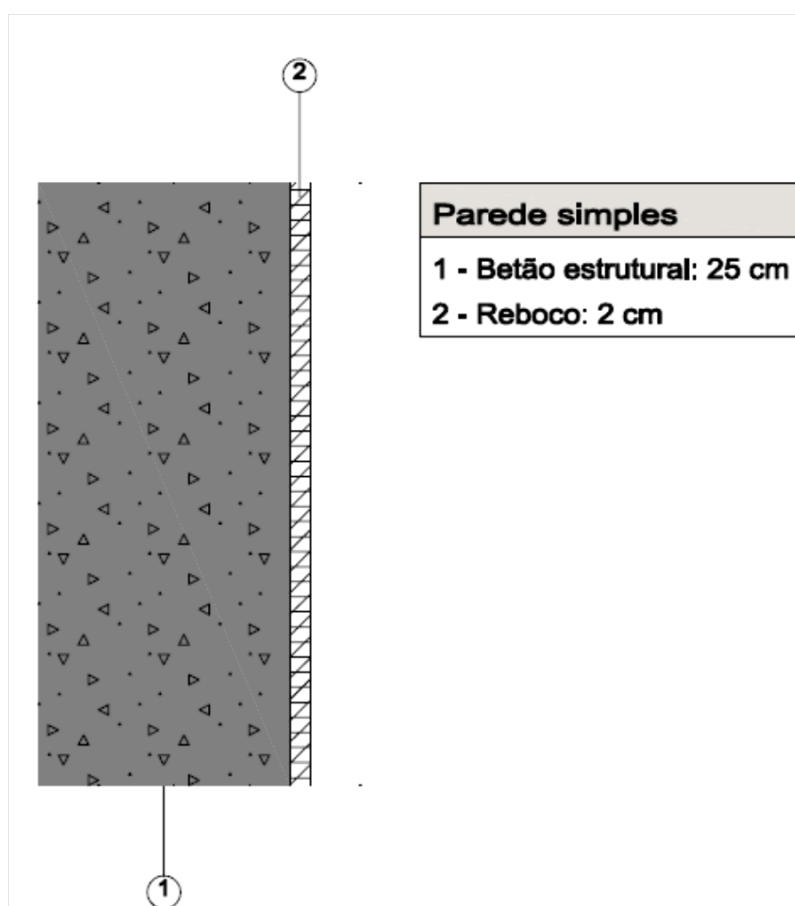
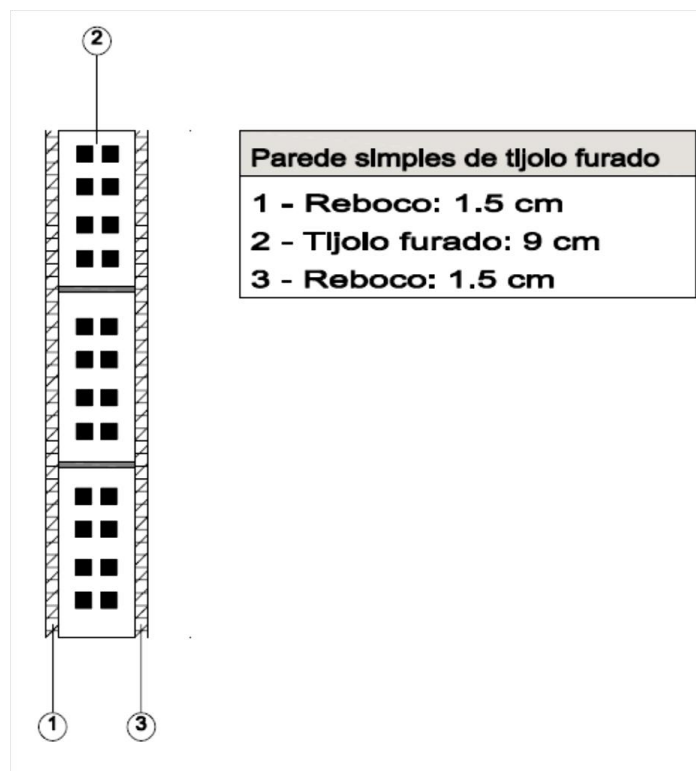


## Anexo 3 A–Soluções construtivas (fachada e separação de fogos)



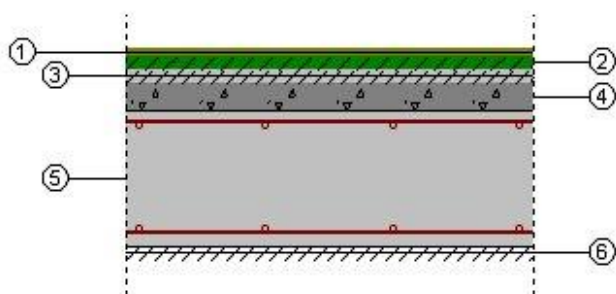


### Anexo 3 B–Soluções construtivas (compartimentação e parede de elevador)





### Anexo 3 C–Soluções construtivas (pavimento)



- |   |
|---|
| 1 - Pavimento Flutuante de Faia: 1 cm                     |
| 2 - Feltro Fonas Tex: 2 cm                                |
| 3 - Betonilha de argamassa de cimento: 2 cm               |
| 4 - Betão celular: 4 cm                                   |
| 5 - Laje maciça (Elemento resistente): 20 cm              |
| 6 - Estuque projectado ou fino ou de elevada dureza: 2 cm |